

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Měření průtoku a výšky hladiny v povodí Odry
Water Level and Flow Measurement in Odra River
Basin

2013

Martin Veselý

Zadání bakalářské práce

Student:

Martin Veselý

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2601R004 Měřicí a řídicí technika

Téma:

Měření průtoku a výšky hladiny v povodí Odry
Water Level and Flow Measurement in Odra River Basin

Zásady pro vypracování:

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací modulu s příslušnými senzory pro měření průtoku, výšky hladiny a pomocných fyzikálních veličin. Cílem práce je vytvoření zařízení, které bude sloužit k lepší informovanosti o případných kritických stavech v povodí Odry, ve spolupráci s firmou Elvac a.s..

V souhrnu je práce charakterizována těmito body:

1. Rešerše vhodných řešení snímání průtoku a výšky hladiny.
2. Návrh, realizace a testování měřicí jednotky.
3. Vytvoření demonstrační aplikace pro PC pro zpracování naměřených dat.
4. Integrace a testování měřicí jednotky RTU_VHD.
5. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KREIDL, Marcel. *Měření teploty: senzory a měřicí obvody*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005. 239 s. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-730-0145-4.
- [2] *Měření průtoku a výšky hladiny*. Elektronická kniha ve formátu PDF na CD ROM. Praha: BEN-technická literatura, 2011. 448 s./data PDF.
- [3] Firemní dokumentace Elvac a.s..

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Slanina, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 07.05.2013

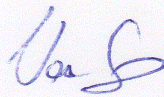
doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě 25. 7. 2013

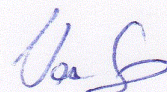


Martin Veselý

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu práce panu Ing. Zdeňkovi Slaninovi, Ph.D. a Ing. Tomáši Lippovi za cenné rady a pomoc při psaní této bakalářské práce.

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské/ diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/ magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

V Ostravě 25. 7. 2013



.....
Martin Veselý

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá seznámením, návrhem a realizací měřicí soustavy, pro měření průtoku, výšky hladiny a pomocných fyzikálních veličin. Práce si bere za cíl vybrat vhodnou měřicí metodu se senzory, které nejsou finančně náročné. Dále vytvoření měřicí soustavy, která bude sloužit k lepší informovanosti o stavech na vodních tocích, a o případných kritických stavech v povodí Odry. Závěrem je i popis využití takové měřicí soustavy.

Klíčová slova

Výška hladiny, průtok, příčný profil koryta, ponorná měřicí sonda LMP307, RTU VHD, Visual studio 2008

Abstract

This bachelor thesis deals with familiarization, design and implementation of measurement system for measuring flow, level and auxiliary physical quantities. The work aims to choose an appropriate measuring method with sensors that are not expensive. Furthermore, a measurement system that will be used to better information on the status of the watercourses, and any critical states in the Oder River. Finally, it is a description of the use of such a measurement system.

Key words

Water level petting, flow, channel cross section, submersible probe LMP307, RTU-VHD, Visual Studio 2008

Seznam použitých symbolů a zkratek

A/D převodník (Analog/Digital)	analogově-digitální převodník
CCD(Charge-Coupled Device)	součástka pro snímání obrazové informace
DDE(Dynamic Data Exchange)	dynamická výměna dat
DNP3(Distributed Network Protocol)	sada komunikačních protokolů
FTP(File Transfer Protocol)	protokol pro přenos souborů
GPRS(General Packet Radio Service)	služba umožňující přenos dat
GPS(Global Positioning System)	globální družicový polohový systém
GSM(Global System for Mobile Communications)	globální systém pro mobilní komunikaci
GUI(Graphical user interface)	grafické uživatelské rozhraní
HW(Hardware)	technické vybavení PC
IP (Internet Protocol)	datový protokol používaný pro přenos
LADAR(Light Detection And Ranging)	metoda dálkového průzkumu měření vzdálenosti
LAN (Local Area Network)	lokální síť, místní síť
PC(Personal Computer)	osobní počítač
RTU (Remote Terminal Unit)	měřicí a vyhodnocovací jednotka
RTU-VHD(Vodohospodářský dispečink)	název jednotky RTU
SCADA(supervisory control and data acquisition)	dispečerské řízení a sběr dat
SQL(Structured Query Language)	strukturovaný dotazovací jazyk
SW(Software)	programové vybavení PC
TCP (Transmission Control Protocol)	spojově orientovaný protokol
URI(Uniform Resource Identifier)	jednotný identifikátor zdroje
UTC(Coordinated Universal Time)	koordinovaný světový čas
UTP (Unshielded Twisted Pair)	nestíněná kroucená dvojlinka
XML(Extensible Markup Language)	rozšiřitelný značkovací jazyk

Obsah

1. ÚVOD	1
2. MĚŘENÍ A VÝPOČET VELIČIN	2
2.1. Měření výšky hladiny	2
2.1.1. Jednoduché indikátory hladiny	3
2.1.1.1. Ponorná tyč	3
2.1.1.2. Průhledítka a stavoznaky	3
2.1.1.3. Magnetické stavoznaky	4
2.1.2. Plovákové hladinoměry	4
2.1.2.1. Plovákové spínače	4
2.1.2.2. Pseudospojité spínače	5
2.1.2.3. Odporové snímače	5
2.1.2.4. Hallové spínače	6
2.1.2.5. Snímače s LVDT	6
2.1.2.6. Magnetostrikční hladinoměry	6
2.1.3. Mechanické hladinoměry	7
2.1.3.1. Vztlakové hladinoměry	7
2.1.3.2. Spuštěný plovák	7
2.1.3.3. Lopátkové hladinové snímače	8
2.1.3.4. Vibrační snímač	8
2.1.3.5. Membránové hladinové snímače	8
2.1.4. Vážní systémy	9
2.1.5. Tlakové hladinoměry	9
2.1.5.1. Měření v atmosférických nádobách	10
2.1.5.1.1. Ponorné snímače	10
2.1.5.1.2. Statické snímače	10
2.1.5.2. Měření v tlakových nádobách	10
2.1.5.2.1. Suché připojení	10
2.1.5.2.2. Mokré připojení	11
2.1.5.2.3. Připojení oddělovací membránou	11
2.1.5.2.4. Zvláštní případy	11
2.1.5.3. Probublávací systém („bubbler“)	12
2.1.6. Elektrické hladinoměry	12

2.1.6.1.	Potenciometrické hladinoměry	12
2.1.6.2.	Odporové pásy	13
2.1.6.3.	Vodivostní hladinové spínače	13
2.1.6.4.	Kapacitní snímače	14
2.1.6.5.	Termální senzory	14
2.1.7.	Optické hladinoměry	14
2.1.7.1.	Reflexní hladinoměry	14
2.1.7.2.	Refrakční hladinoměry	15
2.1.7.3.	Transmisní hladinoměry	15
2.1.7.4.	Laserové hladinoměry	16
2.1.7.4.	Kamerové systémy	16
2.1.8.	Ultrazvukové hladinoměry	16
2.1.8.1.	Hladinové spínače	16
2.1.8.2.	Spojité měření hladiny	17
2.1.9.	Radary	17
2.1.10.	Radiační hladinoměry	18
2.1.10.1.	Útlumové hladinoměry	18
2.1.10.2.	Neutronové hladinoměry	18
2.2.	Měření průtoku	18
2.3.	Výběr metody měření a senzorů	22
2.3.1.	Ponorná sonda pro měření hladiny LMP 307 – nerezová	23
2.3.2.	Čidlo teploty DS18S20	24
3.	STRUČNÝ POPIS A NÁVRH JEDNOTKY RTU (REMOTE TERMINAL UNIT).....	25
3.1.	Navržená jednotka	25
3.2.	RTU7K AI6-U/10V-I/80mA	27
3.3.	Komunikační karta COMIO4	27

4. VYTVOŘENÍ DEMONSTRAČNÍ APLIKACE PRO PC PRO ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT	28
4.1. Struktura poslaných dat ze RTU.....	28
4.2. Vývojový diagram.....	30
4.3. Demonstrační aplikace pro PC pro zpracování naměřených dat	31
5. INTEGRACE A TESTOVÁNÍ MĚŘICÍ JEDNOTKY RTU_VHD.....	33
5.1. Popis a schéma zapojené soustavy	33
5.2. Nastavení měřicí jednotky RTU	33
5.3. Testovací měření	35
6. VÝSLEDKY MĚŘENÍ	38
7. ZÁVĚR.....	41
8. CITOVANÁ LITERATURA.....	42
9. PŘÍLOHY	43

1. ÚVOD

Úkolem této bakalářské práce je seznámit se problematikou různých senzorů pro měření výšky hladiny a průtoku na říčních tocích a s následnými metodami měření. Seznámit se s jednotkami RTU (Remote Terminal Unit) pro řízení, chránění, sběr dat a komunikaci. Výběr vhodných modulů RTU a následné připojení čidel. Zvolit, navrhnout a sestavit funkční jednotku zařízení pro měření výšky hladiny a provést test zařízení a zhodnotit výsledky měření a použitelnost v praxi.

Druhá kapitola je teoretický rozbor metod měření výšky hladiny. Účelem této kapitoly je seznámit se s problematikou měření výšky hladiny a průtoku. A dále vybrat vhodné senzory pro připojení na RTU. Jednotlivé metody jsou doplněny o obrázky znázorňující princip jednotlivých senzorů.

Kapitola číslo tři se zabývá seznámením a návrhem konfigurace měřicí jednotky RTU, realizace napojení signálů. To znamená sestavení RTU jednotky z dostupných modulů, návrh a realizace rozvaděčové skřínky.

V kapitole čtyři, je definování algoritmů a realizace demonstrační aplikace. Výběr vhodného programovacího SW a vytvoření vlastní aplikace na PC. Aplikace slouží pro zobrazení a archivaci údajů z jednotky RTU.

Kapitola pět řeší testování měřicí jednotky RTU ve vzorové aplikaci. Což znamená testování vytvořené sestavy HW a SW v reálných podmínkách.

Šestá kapitola bude obsahovat výsledky měření, které má prokázat funkčnost a parametry měřicího senzoru výšky hladiny a teploměru. Součástí této kapitoly by měla být i vypracovaná jednoduchá projektová dokumentace.

Poslední sedmá kapitola je závěr, kde je zhodnocení výsledků a poznatků o problematice měřených veličin.

2. MĚŘENÍ A VÝPOČET VELIČIN

2.1. Měření výšky hladiny

Účelem měření hladiny je informovanost o aktuálních situacích na vodních dílech a tocích, hlídání úrovně produktu proti přetečení, zpřesnění dávkování přísad ve výrobě, inventární a fakturační měření, zlepšení managementu zásob, detekce úniku látek a další.

Měření výšky hladiny, je proces, při kterém může být výsledkem prostá hodnota výšky povrchu sypké či kapalné směsi, tak i množství média, když známe tvar nádoby.

Naměřené výsledky je možné použít při řízení dávkování, měření průtoku, ale i hlídání úrovně hladiny. Komplikace při měření výšky hladiny vznikají v závislosti na vlastnostech média, které je měřeno. A to například hořlavost, abrazivní účinky, teplota, lepkavost, hmotnost, neklid povrchu, nebo pěnivost média, tvorbu sypného kuželu, když na povrchu zůstává vrstva, která zkresluje výsledky měření a viskozita. Důležitá jsou i vlivy okolního prostředí, kde je měření prováděno. Mezi tyto vlivy patří například kolísání teplot, nestálé rozměry nádob, tlak prostředí a mnoho dalších. S ohledem na tyto vlivy je nutné vybrat vhodnou měřicí metodu, senzor a jednotku, která vyhodnocuje naměřené výsledky. Výběr senzoru je ovlivněn zejména jeho přesností a cenou.

Přesnost senzoru je specifikována výrobcem a je určena odvozeným způsobem. Kalibrace tlakových senzorů je prováděna tlakem vzduchu. Ultrazvukové dálkoměry a radary jsou kalibrovány měřením proti zdi. Přesnost, která se uvádí, je zaručena v laboratorních podmínkách a použití v reálném provozu může zapříčinit zhoršení přesnosti.

Výběr senzoru ovlivňuje mnoho faktorů. Například to jsou obecné, fyzické a chemické vlastnosti, stupeň krytí IP, prostorové nároky, způsob uchycení, jiskrová bezpečnost, spínací a rozpínací parametry, odolnost vůči tlaku či mechanickému působení a jiné. (1)

Senzory dělíme na dvě kategorie:

- **Čidla pro indikaci mezních stavů** – tyto čidla dávají dvoustavovou informaci, jakmile výška hladiny dosáhne předem definovaného bodu.
- **Čidla pro kontinuální měření** – pracují na principu spojitého monitoringu měřeného média v daném rozsahu.

Metody měření výšky hladiny dělíme dle principu do základních skupin:

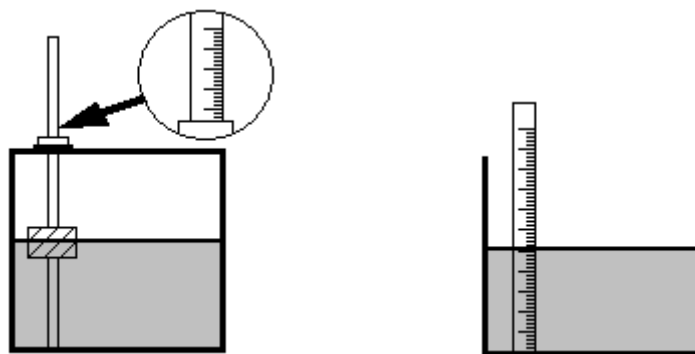
- Jednoduché indikátory hladiny
- Plovákové hladinoměry
- Mechanické hladinoměry
- Vážní systémy
- Tlakové hladinoměry
- Elektrické hladinoměry
- Optické hladinoměry
- Ultrazvukové hladinoměry

2.1.1. Jednoduché indikátory hladiny

2.1.1.1. Ponorná tyč

Ponorná tyč (dip-stick) je nejjednodušší, nejlevnější a nejrozšířenější měřidlo výšky hladiny na světě. Dodnes jsou ještě vidět měrné stupnice na břehu řek, které sloužili pro měření pro měření výšky hladiny. Tento způsob měření se například stále používá při měření hladiny oleje v motoru.

Modernější použití ponorné tyče (Diptape) umožňuje odečet výšky hladiny bez styku se zkoumanou látkou a to hlavně pokud je látka toxická. Měřicí tyč je umístěna v uzavřené šachtě. Okolo šachty je navlečen plovák, který je vybaven permanentním magnetem. Měrná tyč je na svém spodním konci, také vybavená permanentním magnetem. Pokud stoupá hladina, stoupá i plovák. Pak když vysunujeme měrnou tyč, jsou v oblasti plováku přitáhnuty permanentní magnety. (1)

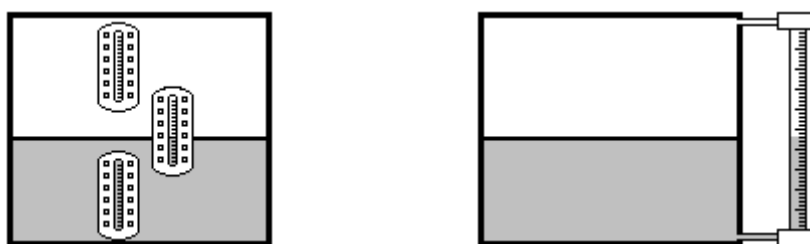


Obr.1: Izolovaná ponorná tyč Diptape (vlevo), ponorná tyč dip-stick (vpravo) (1)

2.1.1.2. Průhledítka a stavoznaky

Jsou to rovněž jednoduché způsoby měření výšky hladiny. Průhledítka (sight glass) jsou prosklené průzory umístěné na obalu nádrže a na těchto průzorech jsou vyznačené stupnice. Odečet se provádí pohledem na průhledítka.

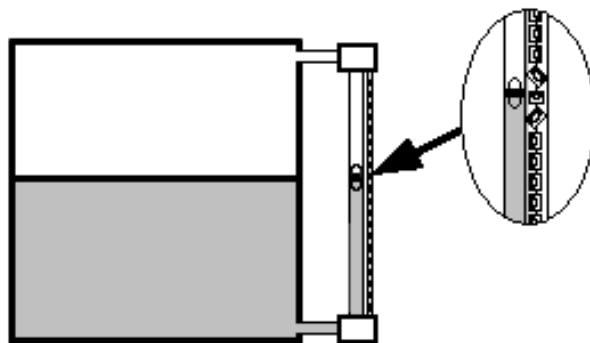
Stavoznak (level gauge) je skleněný válec, připojený k nádrži. Bývá propojený s nejnižší částí nádrže a zároveň s nejvyšší částí nádrže. Ve skleněném válci může být i plovák pro snadnější odečet. (1)



Obr.2: Nádrž s průhledítky (vlevo), nádrž se stavoznakem (vpravo) (1)

2.1.1.3. Magnetické stavoznaky

Hladina kapaliny je snímána v plovákové komoře, která je spojena s nádobou stejně jako již zmíněný stavoznak. Jak se plovák v komoře pohybuje, tak permanentní magnet v plováku svou magnetickou vazbou ovlivňuje indikátory. Tyto indikátory jsou umístěny v odděleném prostoru a nemusí být hermeticky uzavřeny, protože nepřichází do styku s měřenou kapalinou. (1)



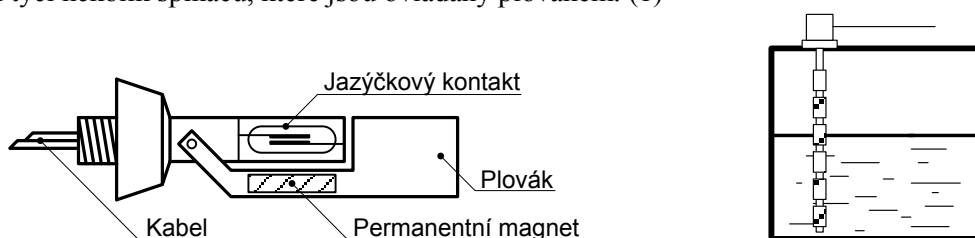
Obr.3: Magnetický stavoznak (1)

2.1.2. Plovákové hladinoměry

Plovákové hladinoměry využívají plovákové těleso vznášející se na rozhraní kapaliny a plynu. Plovák by měl být kulového nebo válcového tvaru, a měl by mít dostatečný vztlak. Vztlak je definován velikostí plováku a materiálem, ze kterého je vyroben. Základní typy plováků jsou vyrobeny z polystyrenu, složitější z kovových plechů plněny vzduchem nebo inertním plynem. (1)

2.1.2.1. Plovákové spínače

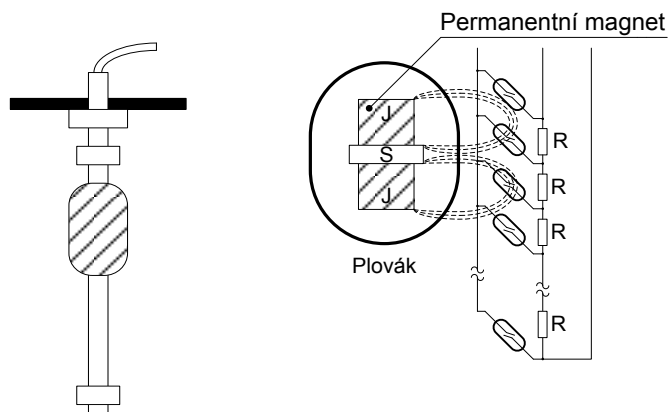
Nejjednodušší a nejrozšířenější verzi jsou magneticky ovládané jazýčkové spínače. Princip spočívá v permanentním magnetu umístěném v plováku. Pokud se tento magnet přiblíží ke kontaktu z magneticky měkkého materiálu, kontakt je sepnut. Vyrábí se také víceúrovňové systémy, u nichž je na vodící tyči několik spínačů, které jsou ovládány plovákem. (1)



Obr.4: Plovákový spínač (vlevo), víceúrovňový plovákový systém (vpravo) (1)

2.1.2.2. Pseudospojité spínače

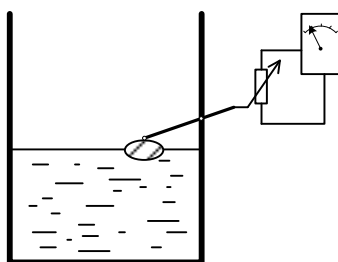
Jde o téměř spojitý hladinoměr. Jejím principem je plovák s permanentním magnetem pohybující se kolem vodící tyče. K této vodící tyči jsou umístěny jazykové spínače, které se postupně spínají a mění tak výsledný elektrický odpor. (1)



Obr.5: Pseudospojitý spínačový hladinoměr (vlevo), principiální schéma (vpravo) (1)

2.1.2.3. Odporové snímače

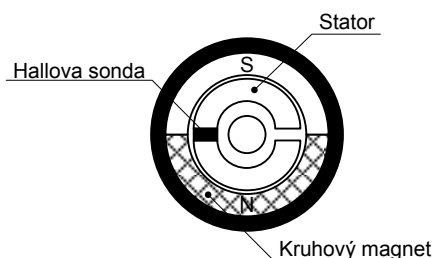
Snímače byly používány pro měření paliva v automobilech. Plovák pohybující se na kyvném rameni přenáší úhlovou výchylku na odporový potenciometr. Tyto snímače jsou velmi rychlé. Jejich nevýhodou však je postupné opotřebení třením. (1)



Obr.6: Odporový snímač (1)

2.1.2.4. Hallové spínače

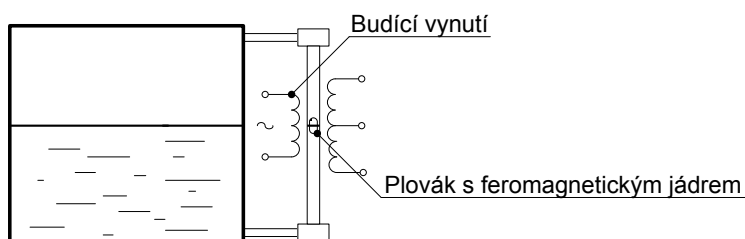
Princip je obdobný jako u odporových snímačů. Místo odporové dráhy se však snímá poloha kruhového permanentního magnetu. (1)



Obr.7: Snímač s Hallovou sondou (1)

2.1.2.5. Snímače s LVDT

Plovák v plovákové komoře nese feromagnetické jádro diferenčního transformátoru. Podle polohy jádra se mění vzájemná indukčnost. Z poměru sekundárních napětí je vyhodnocena poloha jádra. Výhodou je neomezená rozlišovací schopnost, minimální citlivost a kolmý pohyb jádra a rychlá odezva. Nevýhodou naopak omezený rozsah měření. (1)



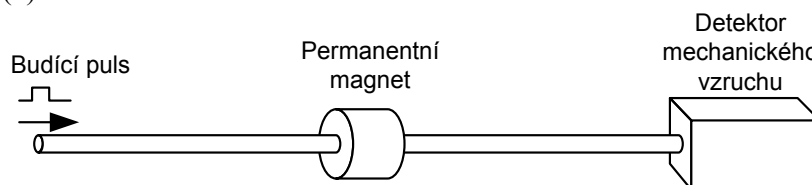
Obr.8: Snímač výšky hladiny s diferenciálním transformátorem (1)

2.1.2.6. Magnetostrikční hladinoměry

Magnetostrikce je schopnost feromagnetických materiálů pod vlivem magnetického pole měnit svoje rozměry nebo při deformaci vykazovat změnu magnetických schopností.

K vlnovodu je tečně připevněn kroužek z magnetostrikčního materiálu doplněný budícím permanentním magnetem a snímací cívkou. Při zachycení torzní vlny je vystaven proužek mechanickému napětí a tím dojde ke změně permeability.

Polohový permanentní magnet je zabudován do plováku. Bývá navlečen na vodící tyč, kde je aktivní část senzoru. (1)



Obr.9: Principiální schéma magnetostrikčního hladinoměru (1)

2.1.3. Mechanické hladinoměry

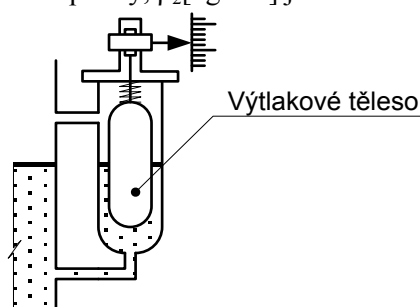
2.1.3.1. Vztlakové hladinoměry

Tento hladinoměr využívá princip Archimédova zákona. Je podobný plováku, ale má větší hustotu než měřená kapalina. Vztlakové těleso se pohybuje málo a mění se míra jeho ponoření.

Při stoupání hladiny se mění míra ponoření tělesa. To je nadlehčováno tíhou vytlačované kapaliny. Hmotnost tělesa je snímána siloměrným mechanismem a je dána vzorcem:

$$F = S \cdot H \cdot \rho_l \cdot g - S \cdot h \cdot \rho_l \cdot g - S \cdot (H - h) \cdot \rho_2 \cdot g, \quad (1)$$

kde $S[\text{m}^2]$ je průřez tělesa, $H[\text{m}]$ je výška tělesa, $h[\text{m}]$ je hloubka ponořené smočené části, $\rho_l[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$ je hustota tělesa, $\rho_l[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$ je hustota kapaliny, $\rho_2[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$ je hustota atmosféry nad hladinou. (1)

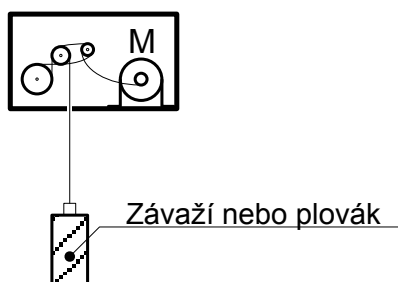


Obr.10: Hladinoměr s vztlakovým tělesem (1)

2.1.3.2. Spuštěný plovák

Na laně je shora nádrže spouštěn plovák, dokud nedojde ke styku s hladinou. V tom okamžiku dojde k velkému odlehčení navíjecího aparátu a délka lana je zanesena. Poté je plovák zpět navinut do výchozí polohy. Tento proces se neustále opakuje.

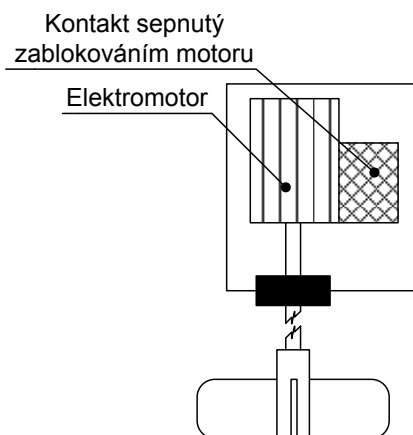
Nevýhodou je možnost uvíznutí sondy. Pro sypké materiály se používá závaží. (1)



Obr.11: Systém spouštění závaží nebo plovák (1)

2.1.3.3. Lopatkové hladinové snímače

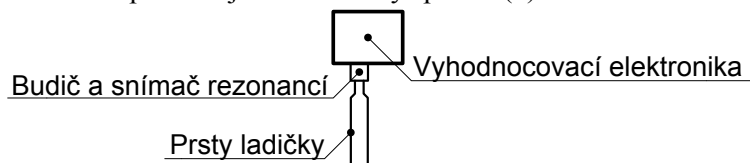
Jeich použití je především pro sypké materiály. Do nádoby s měřeným materiálem je umístěna rotující tyč s lopatkou. Tato osa je poháněna nízkootáčkovým synchronním motorem. Pokud hladina materiálu vystoupí až k rotující ose, dojde k jejímu zablokování. Toto zablokování je zaznamenáno. (1)



Obr.12: Lopatkový spínač (1)

2.1.3.4. Vibrační snímač

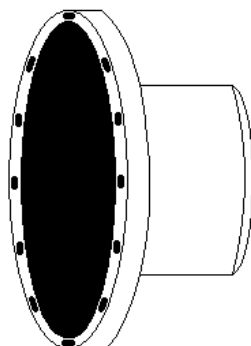
Pracuje na principu změny rezonanční frekvence při kontaktu s médiem. Lze měřit spojitě výšku hladiny. Většinou se používá jako hladinový spínač. (1)



Obr.13: Vibrační hladinoměr (1)

2.1.3.5. Membránové hladinové snímače

Snímač je uchycen v obalu nádoby a po dosažení hladiny nad senzor je detekováno prohnutí membrány a tím sepnut spínač. (1)



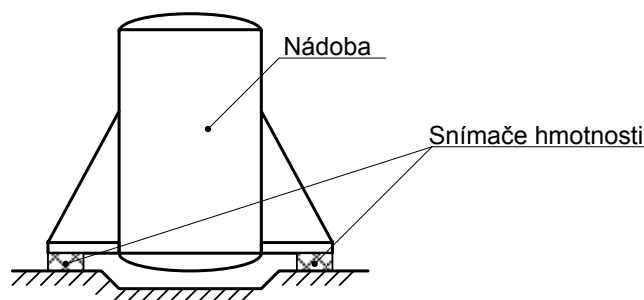
Obr.14: Membránový hladinoměr (1)

2.1.4. Vážní systémy

U vážních systémů se zjišťuje množství uskladněné látky respektive hmotnosti. Pod nádobou změřenou látkou je umístěn vážní systém, který určuje celkovou hmotnost nádoby s materiálem. Po odečtení hmotnosti prázdné nádoby získáme hmotnost látky. Měření je imunní vůči změnám hustoty měřené látky.

Nejrozšířenější jsou převodníky s pružinovými členy, kde deformace zatížením je měřena pomocí tenzometrů.

Další princip měření je použití hydraulického snímače s převodem na měření tlaku. (1)



Obr.15: Vážní systém (1)

2.1.5. Tlakové hladinoměry

Jsou oblíbené pro svou jednoduchost a nízkou cenu. Pracují na principu měření hydrostatického tlaku. Sloupec kapaliny svou tíhou vyvíjí tlak úměrný hloubce pod hladinou h , hustotě kapaliny ρ a tíhovému zrychlení g :

$$P = h \cdot \rho \cdot g, \quad (2)$$

Protože tlak působí do všech stran, tak je možné ho měřit libovolně orientovaným tlakovým čidlem. Senzor bývá zabudován ve stěně nádoby nebo ponořen do média. Výsledný hydrostatický tlak závisí jak na hloubce, tak na hustotě kapaliny. Pokud se hustota mění, musíme ji průběžně sledovat a zahrnout do výpočtu.

Měření lze rozdělit na dva základní typy: v otevřených (atmosférických) nádobách a v uzavřených (tlakových) nádobách. V prvním případě stačí měřit tlak u dna nádoby. V druhém případě je nutné měřit diferenční tlak mezi dnem nádoby a prostorem par nad hladinou.

Dalším způsobem je měření probubláváním (tzv. bubbler). Tlak je měřen v prostoru vzduchu mimo kapalinu, nepřichází do styku s měřenou látkou. (1)

2.1.5.1. Měření v atmosférických nádobách

2.1.5.1.1. Ponorné snímače

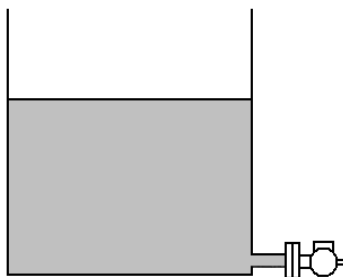
Miniaturní ponorný senzor zavěšený na izolovaném elektrickém kabelu. Pouzdra mohou obsahovat digitální kompenzace teploty, komunikační rozhraní, atd. (1)



Obr.16: Ponorný snímač tlaku (1)

2.1.5.1.2. Statické snímače

Tyto snímače jsou umístěny do nádoby. (1)

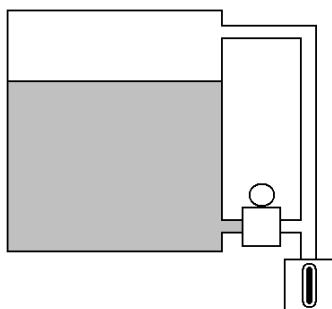


Obr.17: Vestavěný snímač tlaku (1)

2.1.5.2. Měření v tlakových nádobách

2.1.5.2.1. Suché připojení

Použitelné pouze u neagresivních par, které neohrozí převodník. Nevýhoda je možnost kondenzace par v suché části. (1)

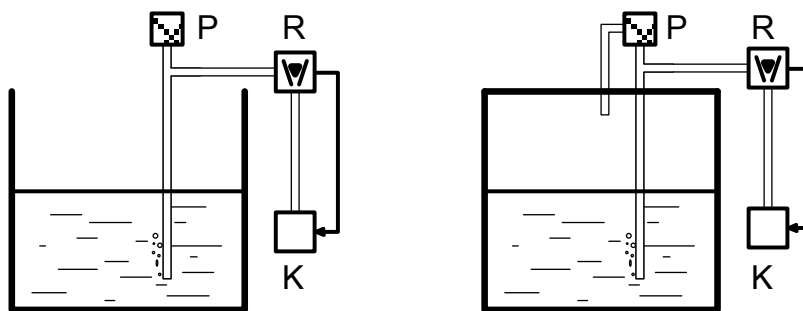


Obr.18: Měření pomocí suché větve (1)

2.1.5.3. Probublávací systém („bubbler“)

Hydrostatický tlak není měřen přímo v nádobě, ale pomocí ponořeného potrubí, ze kterého uniká vzduch. Kompresorem je dodáván stálý tlak vzduchu. Jakmile akumulovaný vzduch přetlačí hydrostatický tlak v trubici, začne probublávat. Tlak vzduchu měřený tlakoměrem pak odpovídá hydrostatickému tlaku v ústí trubice. (1)

$$P = h \cdot \rho \cdot g + p_z \quad (3)$$

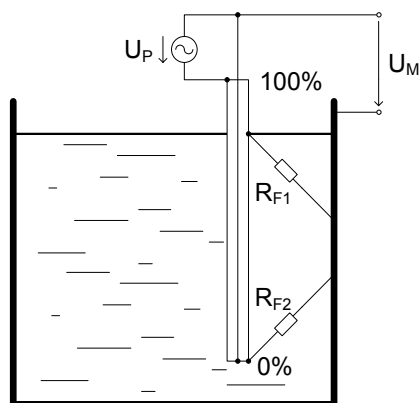


Obr.21: Měření výšky hladiny systémem probublávání (K – kompresor, R – regulátor průtoku vzduchu, P - tlakoměr) (1)

2.1.6. Elektrické hladinoměry

2.1.6.1. Potenciometrické hladinoměry

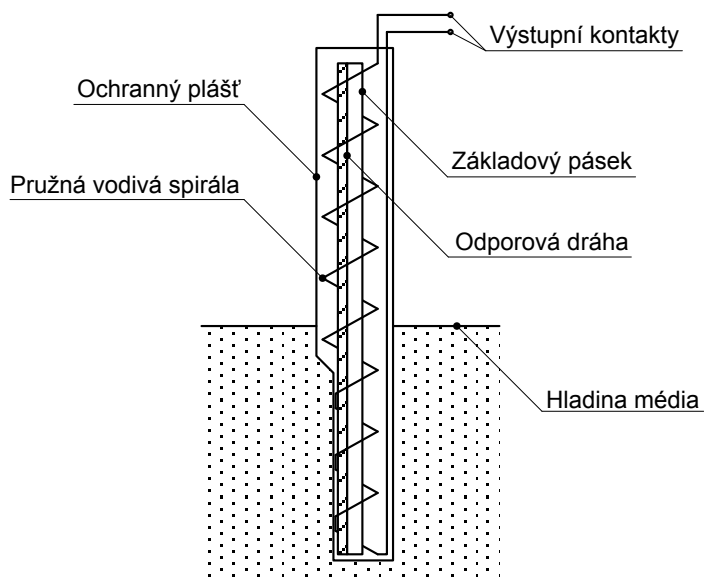
Do vodivé kapaliny (alespoň $100\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) je ponořena tyčová sonda z nerezové oceli tvořící potenciometrickou odporovou dráhu. Po té vodivá kapalina funguje jako jezdec potenciometru. (1)



Obr.22: Potenciometrický hladinoměr (1)

2.1.6.2. Odporové pásky

Senzor je tvořen ocelovým pásem, na kterém je izolační vrstva a na ní odporová dráha. Kolem pásku je navinut odporový drát, který se však nedotýká odporové dráhy. Celek je uložen v neprodyšném pouzdře z teflonu. Při ponoření vlivem hydrostatického tlaku ponořená část kolabuje a spirálový vodič zkratuje část odporové dráhy, čímž se snižuje odpor. (1)

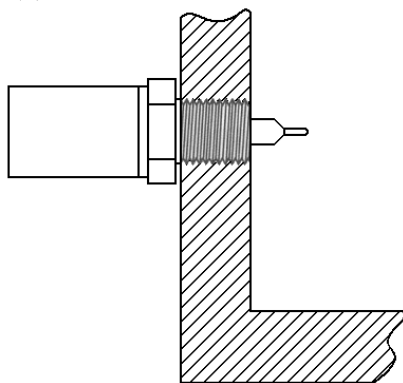


Obr.23: Principiální schéma odporového snímače (1)

2.1.6.3. Vodivostní hladinové spínače

Přes vodivou kapalinu je mezi elektrodami uzavřen elektrický okruh. Vodivostní spínač tento okruh detekuje. Odpor kapaliny může být až 10 k Ω .

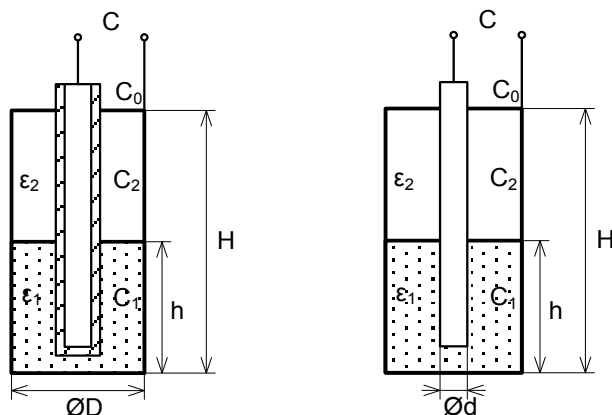
Při použití stejnosměrného napětí dochází k elektrolyze a postupnému zničení elektrody, je nutné použít střídavý signál. (1)



Obr.24: Instalace vodivostní sondy (1)

2.1.6.4. Kapacitní snímače

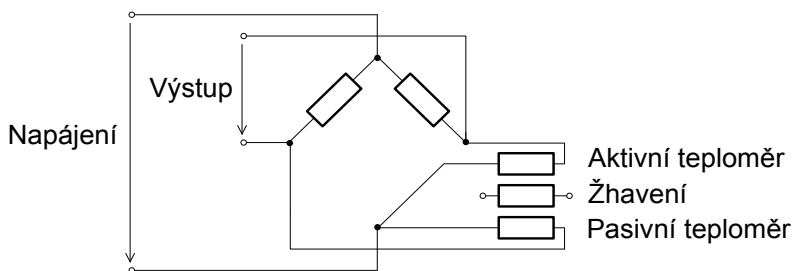
Snímače detekují změnu permitivity prostředí v elektrickém poli mezi elektrodami v přítomnosti kapaliny. Měřit lze kontaktně i bezkontaktně. Lze měřit vodivé i nevodivé kapaliny. (1)



Obr.25: Kapacitní snímač pro vodivé (vlevo) a nevodivé (vpravo) kapaliny (1)

2.1.6.5. Termální senzory

Detekují přenos tepla ze žhavicího prvku na blízký teploměr. Principem je senzor tvořený ze dvou teploměrů, z nichž jeden je aktivní a druhý pasivní. Pokud je celý senzor ponořen v kapalině, teplota aktivního teploměru výrazně nepřesáhne teplotu okolí. Oba teploměry budou mít přibližně stejný odpor. Rovnováha měřícího můstku zůstává. (1)



Obr.26: Schéma obvodu termálního hladinoměru (1)

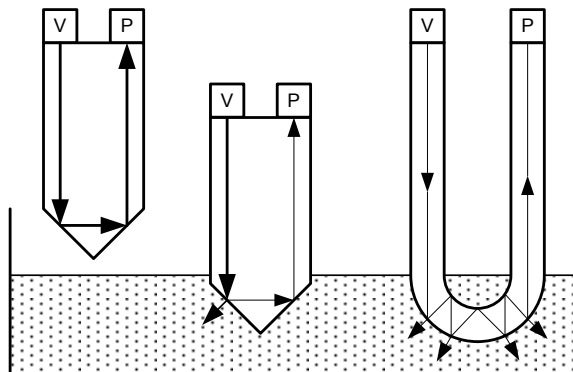
2.1.7. Optické hladinoměry

2.1.7.1. Reflexní hladinoměry

Pracují na principu vysílání světla ze zdroje, které je odraženo od blízké hladiny zpět do detektoru. (1)

2.1.7.2. Refrakční hladinoměry

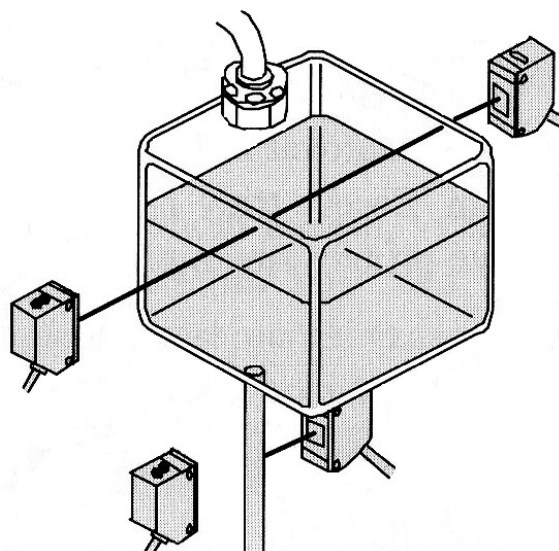
Pracují na principu lomu světla. Při průchodu světla rozhraním dvou prostředí se světelný paprsek láme. V nepřítomnosti kapaliny je světlo odraženo zpět do detektoru, je-li hranol ponořen v kapalině, část světla unikne a intenzita světla poklesne. (1)



Obr.27: Refrakční snímač hladiny neponořený (vlevo), ponořený (uprostřed), provedení s optickým vláknem (vpravo), V – vysílač, P – přijímač (1)

2.1.7.3. Transmisní hladinoměry

Paprsek je promítán skrz průhlednou nádobu. Pokud vystoupí hladina nad úroveň paprsku, je světlo pohlceno a přijímač ho nezachytí. (1)



Obr.28: Absorbční senzor hladiny (1)

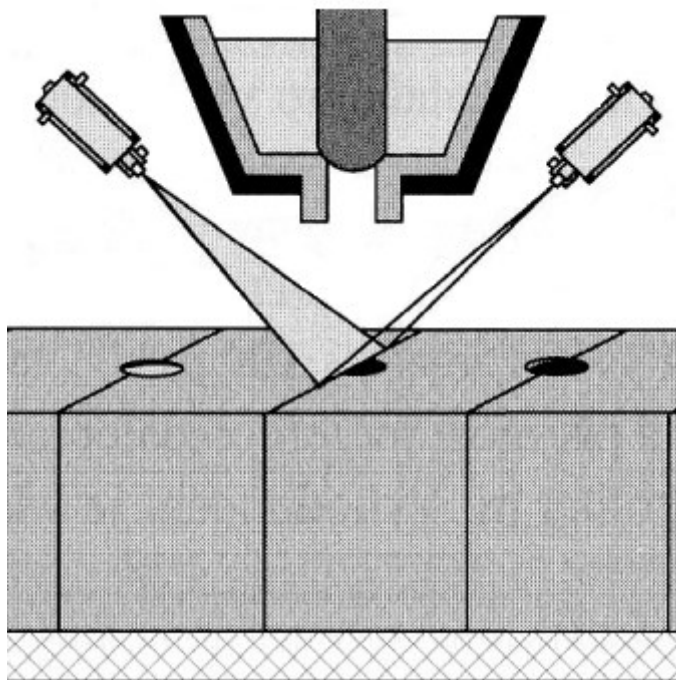
2.1.7.4. Laserové hladinoměry

Dělí se v zásadě na dvě možnosti: triangulační dálkoměry a měření doby letu. Triangulační dálkoměry pracují na principu difúzního odrazu od ozářeného cíle. Odražený paprsek je zachycen senzorem a přes čočku dopadá na fotodetektor, např. CCD prvek.

Měření doby letu pracuje na principu měření doby, za kterou se odražený paprsek vrátí. Tato metoda se nazývá LADAR (laser radar). Varianty modulace paprsku jsou amplitudová, frekvenční a pulzní. (1)

2.1.7.4. Kamerové systémy

Princip spočívá na snímání scény z obrazu a vyhodnocení daného bodu v obrazu. (1)

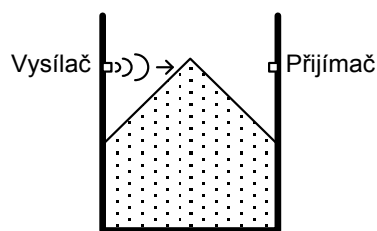


Obr.29: Systém kontroly hladiny pro automatické odlévání železa (1)

2.1.8. Ultrazvukové hladinoměry

2.1.8.1. Hladinové spínače

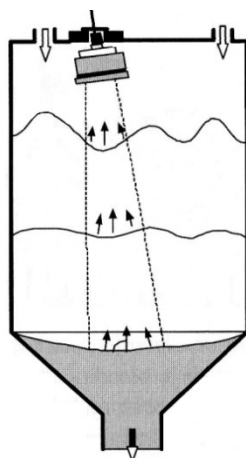
Jsou většinou kontaktní. Mezi ně patří **transmisní spínače** (vysílač a přijímač je umístěn přímo naproti sobě. Signál je přijímán, pokud je výška materiálu níž než spojnice mezi vysílačem a přijímačem), **reflexní spínače** (slouží k měření polohy rozhraní voda – kal) (1)



Obr.30: Provedení transmisního-absorpčního spínače s odděleným vysílačem a přijímačem (1)

2.1.8.2. Spojité měření hladiny

Funguje jako pulzní radar. Je vyslán impulz, po určité době je zachyceno odražené echo. Vzdálenost se rovná době návratu. Zásadní vliv na měření má umístění senzoru. (1)

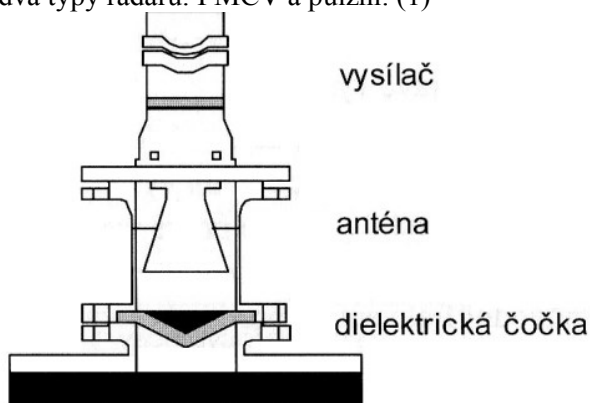


Obr.31: Umístění senzoru pro měření sypkých látek (1)

2.1.9. Radary

Radary vysílají, přijímají a zpracovávají každou sekundu velké množství signálu. Proto je kladen velký důraz na správné zpracování signálu, např. adaptivní filtrování, průměrování a použití fuzzy logiky. Nezbytná je správná kalibrace přístroje.

K měření hladiny se využívají dva typy radarů: FMCV a pulzní. (1)



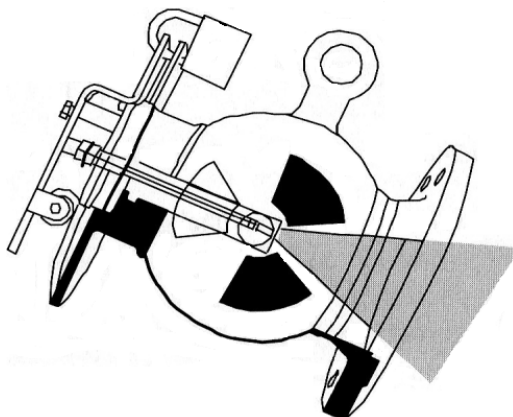
Obr.32: Radarový snímač s dielektrickou čočkou (1)

2.1.10. Radiační hladinoměry

Dělíme je na systémy útlumového typu a systémy s odrazem neutronu. Výhodou je montáž za chodu. Princip spočívá v radioaktivním záření. Jsou používány v náročných prostředích, fungují dobře i v prostředí s vysokou teplotou, toxickými látkami, tlakem, atd. (1)

2.1.10.1. Útlumové hladinoměry

Zářič bývá kulového tvaru vyrobený z olova, v ocelovém pouzdře. Detektor je umístěn naproti zdroji. Pokud je přítomna nějaká látka, dojde k poklesu záření. (1)



Obr.33: Průmyslový gama zářič v ochranném pouzdře (1)

2.1.10.2. Neutronové hladinoměry

Pracují s detekcí odražených částic. Neutrony proniknou i kovovými stěnami nádoby do vzdálenosti několika centimetrů. Když paprsek vstoupí do prostředí s vysokým obsahem vodíkových atomů, jsou neutrony zpomaleny nebo odraženy zpět. Pokud je velké množství odražených neutronů, detekuje to přítomnost vody nebo jiné látky bohaté na vodík. (1)

2.2. Měření průtoku

Rozdělení průtokoměrů:

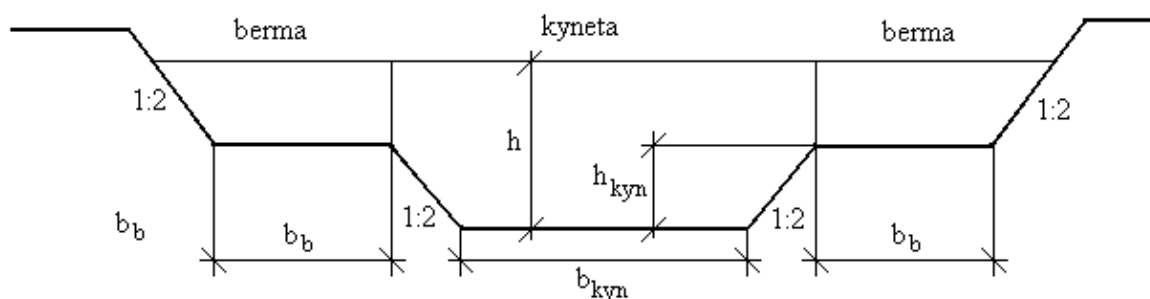
- Průřezové průtokoměry
- Rychlostní průtokoměry
- Průtokoměry s proměnným průřezem
- Turbinové a lopátkové senzory průtoku
- Objemové průtokoměry
- Deformační průtokoměry
- Ultrazvukové senzory průtoku
- Indukční senzory průtoku
- Hmotnostní senzory průtoku na principu Coriolisovy síly
- Průtokoměry se značením tekutiny (směšovací)
- Fluidikové průtokoměry
- Tepelné průtokoměry

Pro měření průtoku budu používat početní metodu, protože pořízení senzoru je poměrně nákladné a je zde problém s umístěním a uchycením.

Cena průtokoměrů, které lze použít pro náš případ, dosahují řádově desítky tisíc. Navíc metoda početní je srovnatelně přesná jako měření průtokoměrem. Voda v řece totiž neproudí ve všech místech stejně.

Na říčním toku jsou na určitých místech tzv. vodoměrné stanice, u kterých je spočítán příčný profil koryta. Tato hodnota je potřebná pro výpočet průtoku. V těchto místech bývají i měřicí šachty pro měření výšky hladiny. To znamená, že pokud znám výšku hladiny a profil koryta lze dopočítat průtok v $[m^3 \cdot s^{-1}]$. Pro úplnost uvedu příklad.

Upravený tok má složený lichoběžníkový příčný profil. Průtočné množství se vypočte zvlášť kynetě a bermách.



Obr.34: Složený profil (2)

Kyneta:

$$A_{kyn} = h(b_{kyn} + m \cdot h) - m \cdot (h - h_{kyn})^2 \quad (4)$$

$A_{kyn}[m^2]$ průtočná plocha, $b_{kyn}[m]$ šířka dna kynety, $h[m]$ výška hladiny, $m[-]$ sklon břehu (v našem případě odvozeno ze 1:2)

$$O_{kyn} = b_{kyn} + 2 \cdot (h - h_{kyn}) \sqrt{m^2 + 1^2} + 2 \cdot (h - h_{kyn}) \quad (5)$$

$O_{kyn}[m]$ omočený obvod

$$R_{kyn} = \frac{A_{kyn}}{O_{kyn}} \quad (6)$$

$R_{kyn}[m]$ hydraulický poloměr

$$C_{kyn} = \frac{1}{n} \cdot R_{kyn}^{\frac{1}{6}} \quad (7)$$

$C_{kyn}[m^{0.5}/s]$ rychlostní součinitel (dle Maninga)

$n[-]$ drsnostní součinitel dna i břehu

$$v_{kyn} = C_{kyn} \sqrt{R_{kyn} \cdot i} \quad (8)$$

v_{kyn} [m/s] průřezová rychlost
 i [%] podélný sklon koryta

$$Q_{kyn} = A_{kyn} \cdot v_{kyn} \quad (9)$$

Q_{kyn} [m³/s] průtok

Berma:

$$A_b = (h - h_{kyn}) \cdot (b_b + 0,5 \cdot m(h - h_{kyn})) \quad (10)$$

A_b [m²] průtočná plocha, b_b [m] šířka barmy

$$O_b = b_b + (h - h_{kyn}) \sqrt{m^2 + 1^2} \quad (11)$$

O_b [m] omočený obvod

$$R_b = \frac{A_b}{O_b} \quad (12)$$

R_b [m] hydraulický poloměr

$$C_b = \frac{1}{n} \cdot R_b^{\frac{1}{6}} \quad (13)$$

C_b [m^{0,5}/s] rychlostní součinitel (dle Maninga)
 i [%] podélný sklon koryta

$$v_b = C_b \sqrt{R_b \cdot i} \quad (14)$$

v_b [m/s] průřezová rychlost

$$Q_b = A_b \cdot v_b \quad (15)$$

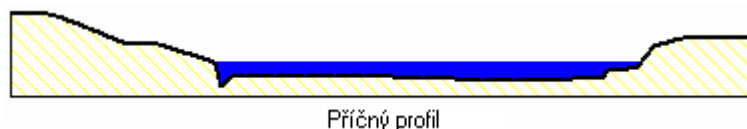
Q_b [m³/s] průtok

Celkový průtok[m³/s] dostaneme součtem průtoků v kynetě a v bermách:

$$Q = Q_{kyn} + 2 \cdot Q_b \quad (16)$$

Tento ukázkový příklad byl poměrně velice jednoduchý, protože se zde počítá s přesným lichoběžníkovým příčným profilem. Ne vždy tomu tak je. Nicméně na vodoměrných stanicích je snaha o co nejideálnější napodobení lichoběžníkového nebo obdélníkového profilu.

Příčný profil může vypadat i takto Obr. 35. Na dalších obrázcích jsou fotky vodoměrných stanic a je na nich vidět lichoběžníkový příčný profil.

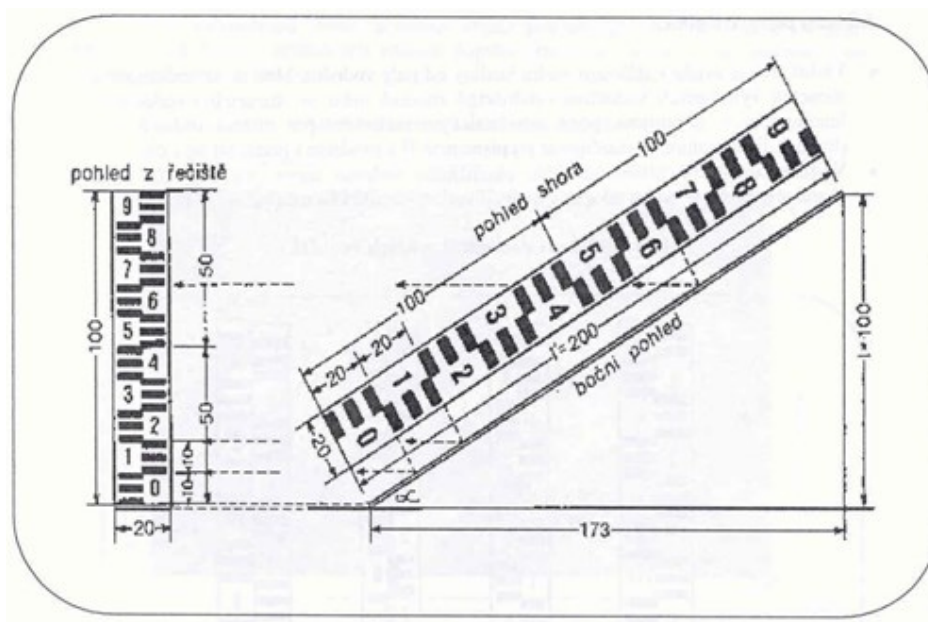


Obr.35: Příčný profil koryta



daná rovina pro přesnější změření příčného profilu

Obr.36: Vodoměrná stanice na řece Ostravici v Ostravě



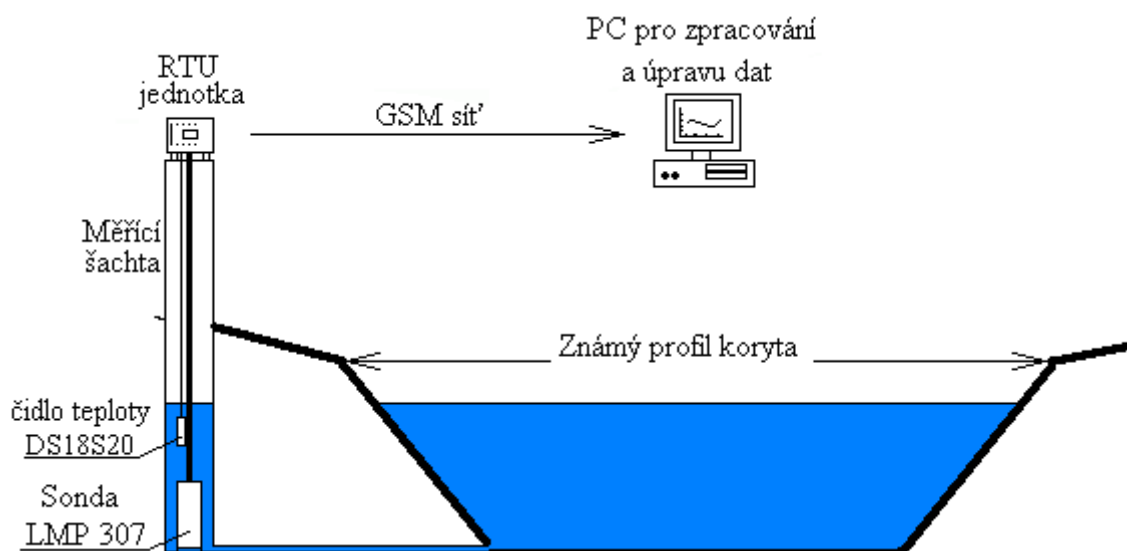
Obr.37: Svislý a šikmý vodočet (3)

2.3. Výběr metody měření a senzorů

Výběr senzoru pro měření výšky hladiny měl zadaná kritéria. Nízká pořizovací cena, vysoká odolnost vůči vnějším vlivům (kolísání teplot, velká míra znečištění, mechanické zatížení, případné odcizení atd.). Těmto kritériím nejlépe vyhovovaly sondy pro měření tlaku. Vyhotovil jsem cenovou tabulku a podle ní bylo následně vybráno čidlo. S ohledem na „poměr výkon cena“ byla zakoupena firmou ELVAC a.s. sonda LMP 307 pro měření výšky hladiny.

Pro měření průtoku nebudu používat žádný senzor, protože jej lze vypočítat z výšky hladiny a profilu koryta.

Sondou LMN 307 se měří výška hladiny v měřicí šachtě. Měřit lze i přímo v řece, ale je zde problém uchycení a větší riziko poškození, či odcizení. Sonda napěťovým výstupem posílá analogové hodnoty. Tyto hodnoty jsou A/D převodníkem v RTU převedeny na číslo. K naměřené hodnotě se přidají ještě další parametry (čas, číslo kanálu, sériové číslo jednotky, typ kanálu). To stejné platí i pro čidlo teploty DS18S20. Vytvoří se záznam o velikosti 16B. Záznam bude odeslán z jednotky RTU do PC zvoleným rozhraním. V PC budou hodnoty vytvořeným SW vyčteny. SW rozdělí jednotlivé parametry a získá hodnotu výšky hladiny a teplotu. Hodnotu výšky hladiny přepočítá se známým profilem koryta, ze kterého následně spočítá průtok. Vypočtené a převedené hodnoty vynese do grafu.



Obr.38: Schéma měření

2.3.1. Ponorná sonda pro měření hladiny LMP 307 – nerezová

- Normalizované výstupní signály
- 4... 20 mA/2-vodič
- 0... 10V/3-vodič
- Vysoká přesnost a rozlišení
- Kompenzace vlivu atmosférického tlaku dutou žilou v přívodním kabelu.
- Oddělovací membrána snadno přístupná k čištění po sejmutí ochranné krytky. (4)

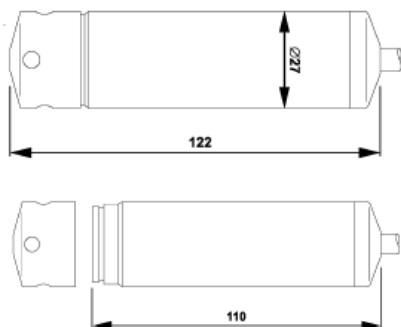
Ponorná sonda **LMP 307** je určena ke kontinuálnímu měření výšky hladiny kapalin. Sejmutím ochranné krytky je možné sondu snadno přizpůsobit pro měření výšky hladiny médií s vyšší viskozitou (kaly apd.) Sondu je možno nasadit v mnoha aplikačních oblastech:

- Technika životního prostředí: čističky odpadních vod, úpravy vody
- Měření výšky hladiny ve studnách, přírodních i umělých nádržích
- Monitorování úrovně spodních vod
- Měření spádu na vodních elektrárnách
- Měření výšky hladiny v otevřených nádržích (4)



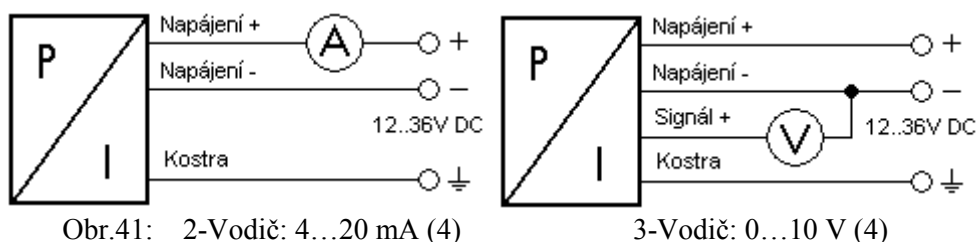
Obr.39: Sonda LMP 307 (4)

Základním prvkem ponorné sondy **LMP 307** jsou čidla DSP 401. Jedná se o polovodičové tenzometry v nerezovém pouzdře s navařenou nerezovou oddělovací membránou a s náplní inertního oleje. Sloupec kapaliny nad ponořenou sondou vytváří tlak na oddělovací membránu, který se přenáší prostřednictvím inertního oleje na měřicí polovodičovou membránu. Průhyb měřicí membrány způsobí rozvážení tenzometrického můstku. Jednotka elektroniky zabezpečuje napájení čidla, zesílení signálu, jeho teplotní kompenzaci a převedení na normovaný elektrický výstupní signál, přímo úměrný výšce hladiny kapaliny nad sondou. Provedení sondy se vyznačuje robustní, mechanicky odolnou a přitom miniaturní konstrukcí. (4)



Obr.40: Rozměry (4)

Schéma elektrického zapojení:



Obr.41: 2-Vodič: 4...20 mA (4)

3-Vodič: 0...10 V (4)

Ponornou sondu je možno sehnat již za 6215,- Kč u firmy Enrgo Nova ke dni 28.7.2013.

2.3.2. Čidlo teploty DS18S20

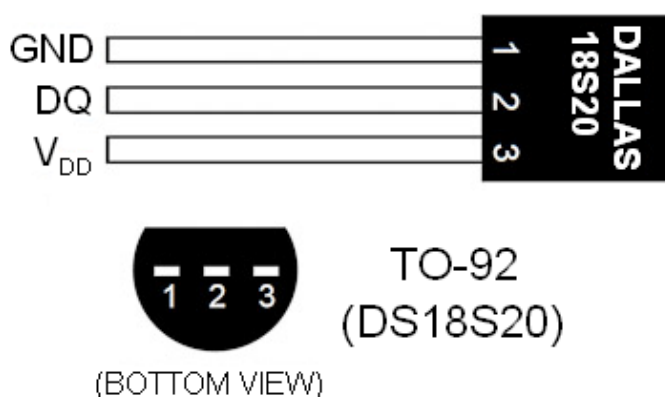
Problematikou měření teploty se v této Bakalářské práci nebudu rozsáhleji zabývat, protože zde plní pouze funkci měření doplňkové veličiny. Měřením teploty zjišťuji pouze teplotu vody. Pro měření výšky hladiny a výpočet průtoku nemá prakticky žádný vliv. Má pouze informativní charakter.

DS18S20 Digitální teploměr poskytuje 9-bitové měření teploty, které zjišťuje teplotu zařízení. Informace jsou odeslány do / z DS18S20 přes 1-drátové rozhraní, takže pouze jeden vodič (a zem) může být z centrálního mikroprocesoru až po DS18S20. Napájení, čtení, zápis a vykonávající teplotní konverze může být odvozena z datového vedení samotně bez potřeby externího napájecího zdroje. Vzhledem k tomu, že každý DS18S20 obsahuje své jedinečné sériové číslo, může být více DS18S20 na 1- drátové sběrnici. To umožňuje umístění teplotních čidel v mnoha různých místech. Aplikace, kde se tato funkce využívá, jsou například snímání teploty uvnitř budov, na zařízeních nebo strojích.

(5)

Pár vlastností:

- Může být napájen z datové linky. Napájení rozsah je 3,0 až 5,5 V
- Nulový pohotovostní požadovaný výkon
- Měří teploty od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$. Fahrenheit ekvivalent je -67°C až $257^{\circ}\text{F} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ přesnost od -10°C až $+85^{\circ}\text{C}$
- Teplotu lze číst jako 9bitovou digitální hodnotu. (5)



Obr.42: Čidlo teploty DS18S20 (5)

Cena v GM elektronik je 91,- Kč ke dni 28.7.2013. Levnější varianta je DS18B20 za 55,-Kč

3. STRUČNÝ POPIS A NÁVRH JEDNOTKY RTU (REMOTE TERMINAL UNIT)

Řada jednotek distribuovaných vstupů a výstupů, dnes označovaná jednoduše „RTU“, což je vlastně obecná zkratka pro označení Remote Terminal Unit, vznikla zkrácením původního označení prvních výrobků této řady „GSM RTU“. Jak již tento název napovídá, byly tyto první jednotky určeny pro komunikaci přes mobilní síť GSM. Výměnou komunikačního rozhraní za Ethernetový modul 10/100Mb/s vznikla modifikace označovaná „NET RTU“, avšak již nedlouho poté bylo jasné, že komunikační možnosti mohou snadno obsáhnout mnoha dalších komunikačních rozhraní. Plánované modulární jednotky již nebylo možno v okamžiku výroby podle rozhraní označit, neboť uživatelskou výměnou modulu by se vlastně měnilo označení výrobku, tudíž u nových typů došlo ke zkrácení názvu na obecné označení „RTU“. (6)

3.1. Navržená jednotka

Vybraná byla jednotka RTU7K-řídící jednotka 3U+3I s komunikační kartou COMIO4.

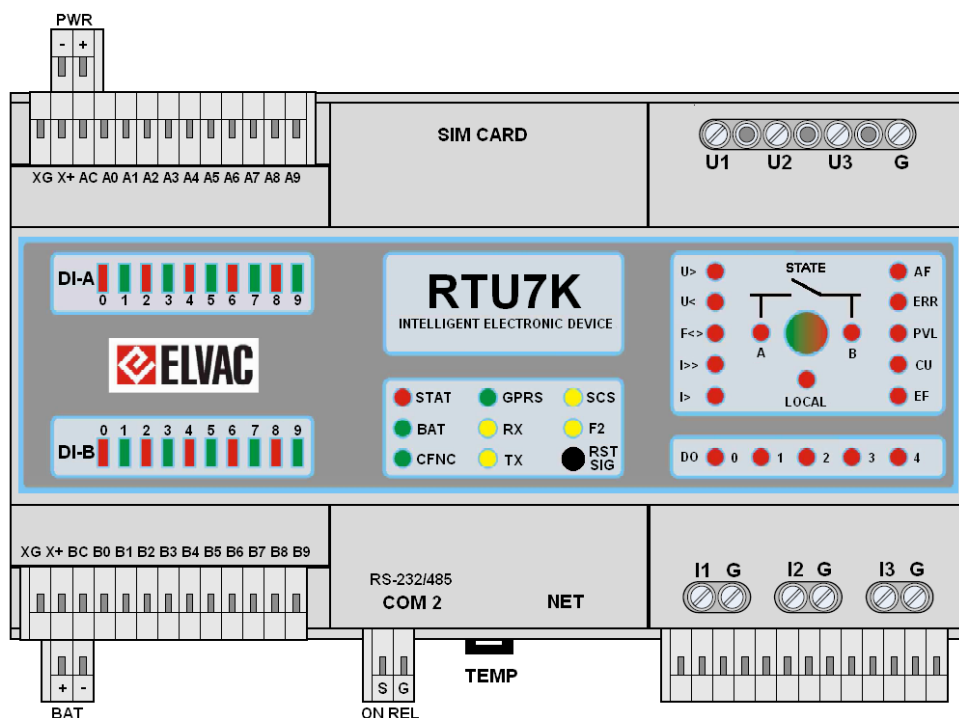
Jednotka RTU 7K je moderní integrovaný nástroj pro vzdálené monitorování a ovládání energetických objektů, zejména úsekových odpínačů vybavených elektrickým pohonem. Vychází z osvědčené řady jednotek RTU společnosti ELVAC IPC s.r.o., která je již řadu let úspěšně nasazovaná v aplikacích pro řízení a monitorování energetických sítí, ale i v dalších oblastech s vysokými požadavky na spolehlivost a robustnost systémů. Jednotka RTU7K nabízí místo výše uvedených 12-ti proudových vstupů měření typu 3(4)U/3I. Počet měřených napěťových kanálů je určen typem osazené analogové karty a může být 3 nebo 4. Měřené rozsahy jsou uvedeny v dalších technických specifikacích. Tyto jednotky poskytují řadu ochranných funkcí podobně jako jednotky řady RTU7M s možností signalizace poruchy nebo i vypnutí silového prvku. Samozřejmostí je opět možnost přenosu rychlozáznamů průběhů signálů.

Jednotku RTU7.4/K/KL lze přímo integrovat do prostředí SCADA Mikrodíspečink. Prostřednictvím komunikačního serveru RTU Komunikátor s OPC, DDE či TCP rozhraním lze jednotky integrovat do libovolných monitorovacích nebo řídicích systémů třetích stran. RTU Uživatelské centrum umožňuje komunikaci se všemi řadami RTU jednotek prostřednictvím GPRS, Ethernetu nebo přes sériové rozhraní. Každá jednotka v systému má své specifické sériové číslo a IP adresu. Počet připojených jednotek prakticky není omezen. Jako platformu pro běh aplikace lze použít libovolné PC s OS MS Windows 2000 a vyšším vybavené GSM GPRS modemem či připojením přes Ethernet. Nad tímto serverem je možné provozovat systémy sběru dat, řízení a vizualizace pomocí SCADA/HMI, např. v prostředí Promotic, InTouch, Mikrodíspečink, ControlWeb, Citect či mnohých dalších. Propojení může být realizováno také standardními komunikačními protokoly včetně síťových (6).

Cena RTU bez GSM modemu je 26 510,-, s modemem 29 800,-. Uvedené ceny jsou bez DPH.

K základním vlastnostem jednotky patří:

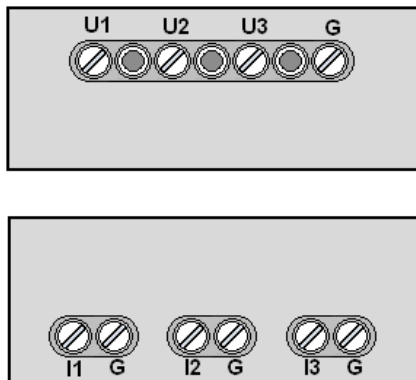
- 20x digitální vstupy, prováděno periodické vyhodnocení a filtrace vstupujících změn signálů měření proudů a napětí v 3f soustavě, analogové (AC) vstupy jsou periodicky čteny, vč. zpracování vstupujících hodnot měření,
- 5x releové výstupy, automatizační funkce, např. sepnutí relé v závislosti na parametrech a vstupech,
- napájení jednotky, nutno použít stabilizovaný zdroj stejnosměrného napětí 10VDC až 40VDC. Hodnota napájecího napětí musí být minimálně o 5V vyšší než je napětí záložního akumulátoru řízené (udržovací) dobíjení záložního akumulátoru 12 V nebo 24 V, včetně případné korekce hodnoty napětí v závislosti na teplotě, periodické testování stavu (kapacity) záložního akumulátoru,
- analýza měřených hodnot v čase s možností ukládat a posílat časové záznamy,
- signalizace zemního spojení, nadproudu, zkratu, podpětí, přepětí a další, možnost volby ochranných funkcí, např. vypnutí,
- časová informace do jednotky dodávaná z nadřazeného systému nebo z GPS přijímače,
- jednotku lze propojit s moduly přes port RS 485 a tak lze rozšířit počet vstupů a výstupů, např. lze připojit moduly ext10 (10x DI), M3Z (3x AI),...
- v případě požadavku lze realizovat propojení s dalšími typy modulů, jednotek a systémů, s HMI terminály apod.,
- 3x nezávislá komunikace, různé komunikační protokoly (GPRS, Ethernet, sériová komunikace) (6)



Obr.43: Konfigurace jednotky RTU7K při použití komunikační karty COMIO4 a karty analogových vstupů RTU7K AI6: (6)

3.2. RTU7K AI6-U/10V-I/80mA

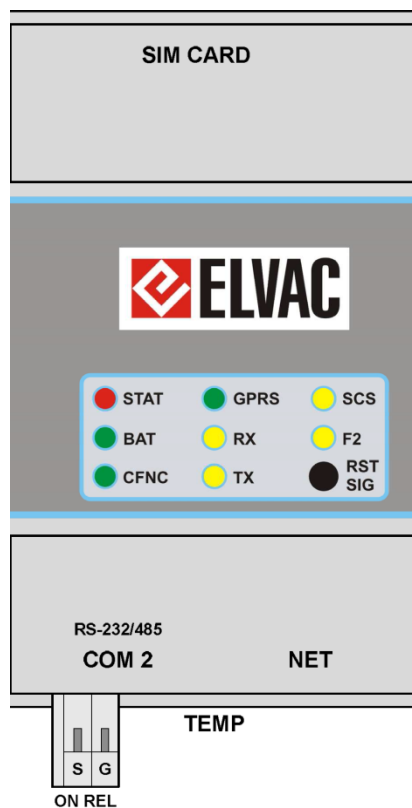
Tyto vstupy jsou vhodné pro připojení externích snímačů s výstupy 0-10V DC a 4-20mA DC. Zapojení konektorů desky analogových vstupů RTU7K AI7-DOUS jednotky RTU7K je uvedeno na následujícím obrázku: (6)



Obr.44: Zapojení konektorů analogových vstupů (6)

3.3. Komunikační karta COMIO4

Tato karta je vybavena třemi komunikačními rozhraními, výměnným modulem CIOMOD, rozhraním RS232/485 a Ethernetem. Jedná se o nejuniverzálnější a nejnovější komunikační kartu do jednotek RTU7.4, RTU7K a RTU7KL, která poskytuje uživateli volnost při volbě vhodného komunikačního protokolu a rozhraní. (6)



Obr.45: Komunikační karta COMIO4 (6)

4. VYTVOŘENÍ DEMONSTRAČNÍ APLIKACE PRO PC PRO ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Demonstrační aplikace pro RTU jsem vytvořil v programovacím prostředí Microsoft Visual Studio 2008 Visual C#. Šablona pro vytvoření, byla použita Windows Forms Application. Jedná se o objektově orientovaný grafický programovací nástroj využívající podporu .NET Frameworku.

Pro vytvoření aplikace a její správnou funkčnost jsem potřeboval znát strukturu jednoho záznamu, které posílá RTU. RTU totiž neposílá jenom informaci o hodnotě, ale k této hodnotě jsou přidruženy další informace. Tyto informace vytvoří jeden 16B záznam. Struktura záznamu je vysvětlena a znázorněna v kapitole 4.1.

Před samotným začátkem programování, bylo nutné sestrojení vývojového diagramu kapitola 4.2. Po tomto kroku jsem již přistoupil k vytvoření aplikace na zpracování dat kapitola 4.3.

4.1. Struktura poslaných dat ze RTU

Velikost jednoho záznamu je vždy 16 Byte. Z důvodů většího počtu typů kanálů je důležité určit ten správný. Podle typu kanálu, ze kterého je pořízen záznam se liší obsah uložených dat.

Struktura jednoho záznamu:

sériové číslo jednotky	číslo kanálu	typ kanálu	hodnota	příznaky	DNP3 čas v UTC (čas od 1. 1. 1970 v ms)	rezerva (0)
2B	1B	1B	4B	1B	6B	1B
16 Byte						

Struktura jednoho záznamu pro různé typy vstupů:

Analogový vstup (AI) :

sériové číslo jednotky	číslo kanálu	typ kanál u (3)	hodnota (celé číslo)	nepoužito (0)	Příznaky 4. b aktuální hodnota 6. b telemetrická chyba	čas	nepoužito (0)
2B	1B	1B	2B	2B	1B	6B	1B
16 Byte							

Analogový vstup (AI) :

sériové číslo jednotky	číslo kanálu	typ kanálu (131)	hodnota (reálné číslo)	Příznaky 4. bit aktuální hodnota 6. bit telemetrická chyba	čas	nepoužito (0)
2B	1B	1B	4B	1B	6B	1B
16 Byte						

Binární vstup (BI) :

sériové číslo jednotky	číslo kanálu	typ kanálu (1)	nepoužito (0)	příznaky 0. až 1. bit hodnota (01=1,10=0, 00 nebo 11=mezipoloha) 5. bit telemetrická chyba 7. bit aktuální hodnota	čas	nepoužito (0)
2B	1B	1B	4B	1B	6B	1B
16 Byte						

Dvojitý Binární vstup (DBI) :

sériové číslo jednotky	číslo kanálu	typ kanálu (129)	nepoužito (0)	příznaky 0. až 1. bit hodnota (01=1,10=0, 00 nebo 11=mezipoloha) 5. bit telemetrická chyba 7. bit aktuální hodnota	čas	nepoužito (0)
2B	1B	1B	4B	1B	6B	1B
16 Byte						

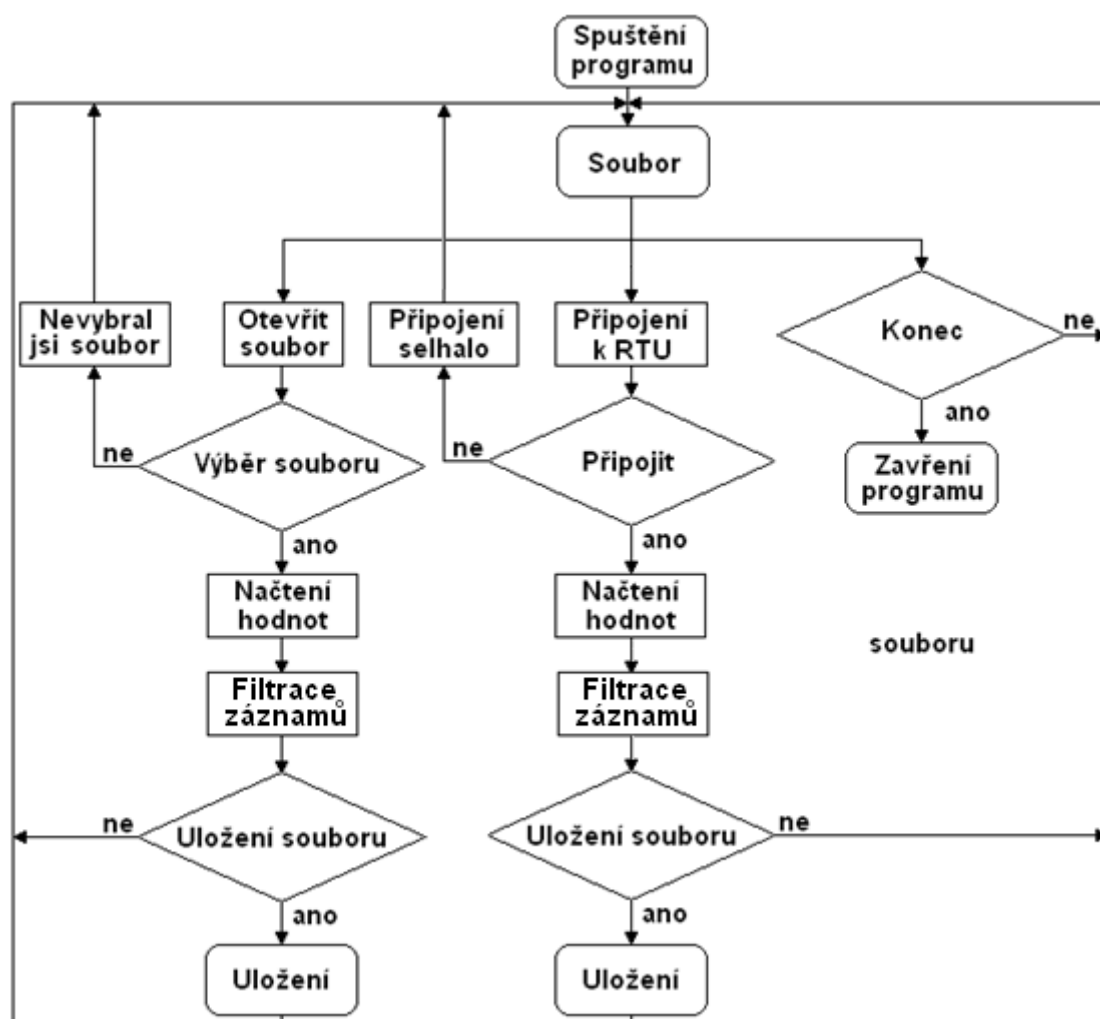
Čítačový vstup (CI) :

sériové číslo jednotky	číslo kanálu	typ kanálu (6)	hodnota (celé číslo)	příznaky 4. bit aktuální hodnota 6. bit telemetrická chyba	čas	nepoužito (0)
2B	1B	1B	4B	1B	6B	1B
16 Byte						

Používám jen AI reálnou hodnotu (typ 131). Čas je uložen ve formátu DNP3, jedná se v podstatě o UTC (Coordinated Universal Time (koordinovaný světový čas)), který je počítán od 1. 1. 1970 v ms. Nepočítá se zde s časovými pásmy.

4.2. Vývojový diagram

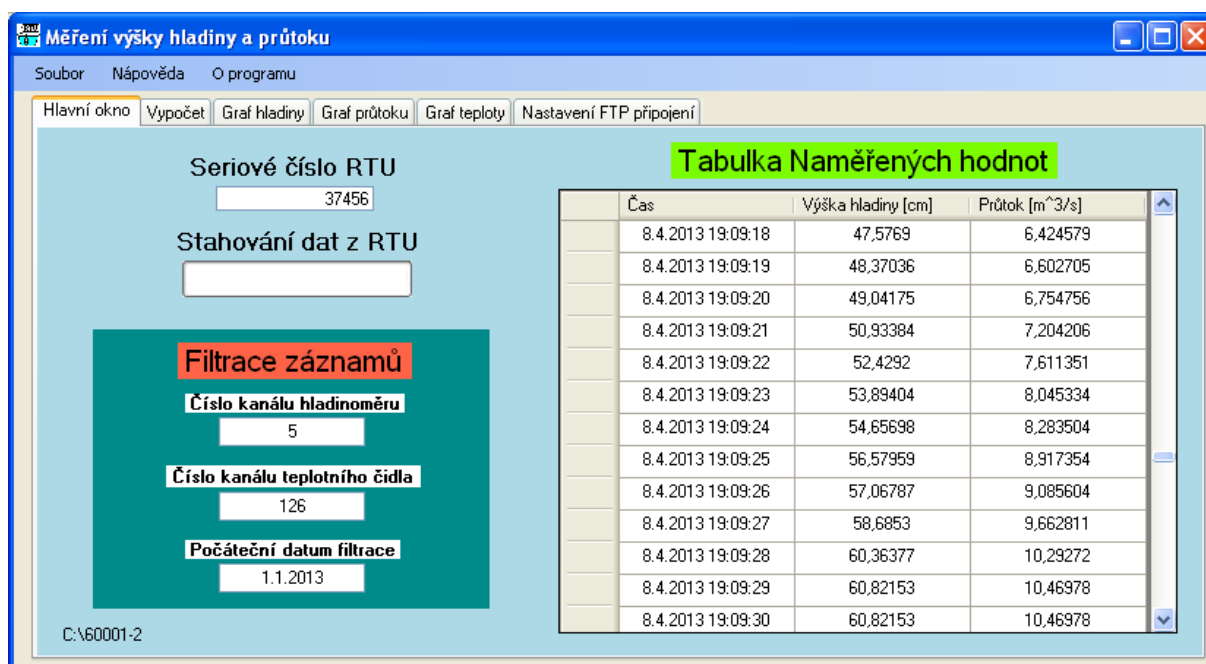
Tento krabicový vývojový diagram slouží pro vytvoření demonstrační aplikace. Je to zjednodušený obraz chodu programu.



Obr.46: Vývojový diagram pro demonstrační aplikaci.

4.3. Demonstrační aplikace pro PC pro zpracování naměřených dat

Tato vytvořená GUI aplikace čte veškerá data z binárních souborů, které byly vytvořeny jednotkou RTU, nebo soubor, který byl již dříve uložený na disku. Dále se tyto data třídí do různých skupin podle pořadí a významu Bytu. Před načtením hodnot je nutné nastavit řadu parametrů pro aktuálnost a správnost výsledků.



Obr.47: Vytvořená aplikace v Microsoft Visual Studio 2008.

Na Obr. 47 je zobrazená hlavní stránka programu, kde je tabulka naměřených a vypočítaných hodnot. Je zde zobrazená i cesta načteného souboru, ale to jen v případě, že byly hodnoty načteny z disku. Další hodnota *Sériové číslo RTU* je informace o jednotce RTU. *Stahování dat z RTU* zobrazuje stav načítaných souborů. Pole *Filtrace záznamů* složí k vyfiltrování dat tak, abychom mohli pracovat pouze s požadovanými hodnotami, které jsou potřebné pro měření a výpočet. Zadávají se zde čísla kanálů a datum. V horním menu v nabídce *Soubor*, kde si lze vybrat z možností *Otevřít záznam* (tato položka otevře okno pro výběr záznamu), *Připojení k RTU* (tato položka spustí připojení k RTU pomocí FTP a stáhne veškerá data zde uložená) a *Konec* (zde dojde k otevření okna na dotaz, zda chcete ukončit program či nikoli). Další nabídka je *Nápověda* (tím se otevře okno, kde je nápověda k programu a schéma zapojení). Poslední nabídka je *O programu* a zde jsou informace o verzi, názvu a zhotoviteli. Políčko *Načítání z RTU* ukazuje kolik souborů již bylo načteno.

Výpočet příčného profilu koryta

Výška h_{kyn} [m]	Šířka b_{kyn} [m]
0,5	30
m	n
2	0,032
i	Šířka b_b [m]
0,0005	25

h_{kyn} [m] výška kynety
 b_{kyn} [m] šířka dna kynety
 m [-] sklon břehu (v našem případě odvozeno ze 1:2)
 n [-] drsnostní součinitel dna i břehu
 i [%] podélný sklon koryta
 b_b [m] šířka barmy

Popis měřicího bodu

Název povodí: Povodí Odry

Název stanice: Slezská Ostrava GPS souřadnice: 49°50'49.156 N

Název řeky: Ostravice 18°17'37.674 E

ID číslo: 1

Diagram: Cross-section of a channel with a central 'kyneta' (channel bed) and side 'berma' (berms). Dimensions include h (total height), h_{kyn} (channel bed height), b_b (berm width), and b_{kyn} (channel bed width). Slopes are indicated as 1:2.

Obr.48: Tabulka nastavení hodnot pro výpočet průtoku a popis měřeného místa.

Dále na Obr. 48 je na levé straně tabulka, kde se zadávají skutečné hodnoty, které jsou buď známé, nebo se získají změřením příčného profilu koryta na daném měřeném úseku říčního toku. Vedle této tabulky je vysvětlivka co dané hodnoty znamenají. Pod zmíněnou tabulkou vidíme náčrtek příčného profilu koryta. Podrobné vysvětlení jednotlivých parametrů je v kapitole 2.2.. Tabulka na pravé straně slouží pro zadání informací o místě, kde se dané měření provádí. Je zde jméno povodí, řeky, lokalita umístění měřicí stanice GPS souřadnice a identifikační číslo stanice. Tyto hodnoty jsou využity zejména pro uložení dat a to jako souhrnná informace v XML souboru.

Měření výšky hladiny a průtoku

Soubor Nápověda O programu

Hlavní okno Vypočet Graf hladiny Graf průtoku Graf t

Hostitel: 192.168.0.22

Jméno uživatele: root

Heslo:

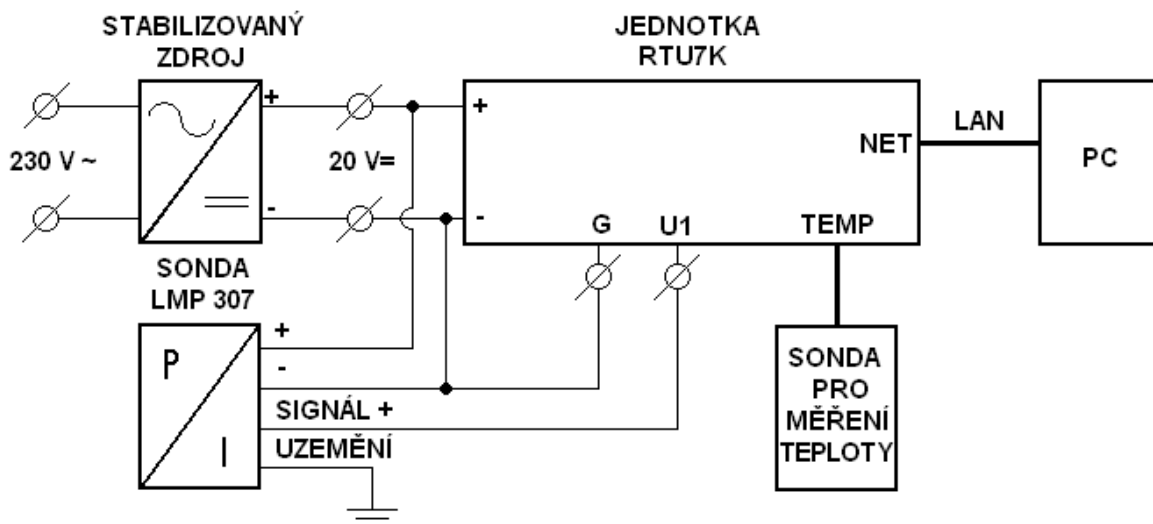
Obr.49: Tabulka pro nastavení FTP připojení.

Na Obr. 49 je tabulka sloužící pro FTP připojení, kde se v prvním poli zadává buď IP adresa jednotky, nebo jméno hostitele. Program automaticky doplní zbytek příkazu do tvaru URI pro připojení (ftp://IP adresa /Jméno_souboru/). V dalších dvou polích je uživatelské jméno jednotky RTU a heslo pro připojení.

5. INTEGRACE A TESTOVÁNÍ MĚŘICÍ JEDNOTKY RTU_VHD

5.1. Popis a schéma zapojené soustavy

Jednotka RTU7K je napájena stejnosměrným stabilizovaným zdrojem 230V~/20V=. Ze stejného zdroje je také napájena sonda LMP 307 pro měření výšky hladiny (kabely +, -). Ze sondy LMP 307 vede kabel (SIGNÁL+), který je zapojen na kartu analogových vstupů RTU7K AI6 na měřicí svorku U1. Poslední kabel, který vede ze sondy, je (UZEMĚNÍ). Ten funguje jako stínění a je připojen na zem. Svorka G, umístěna na analogové kartě RTU7K, je přivedena na (- pól). Na jednotku, na konektor RJ12 označený jako (TEMP), je připojena sonda pro měření externí teploty. Sonda může měřit buď teplotu vody, nebo okolního vzduchu. V mém případě měří teplotu vody. Nakonec je jednotka připojena přes ethernetový kabel (svorka NET) do PC, kde jsou naměřená data zpracována.

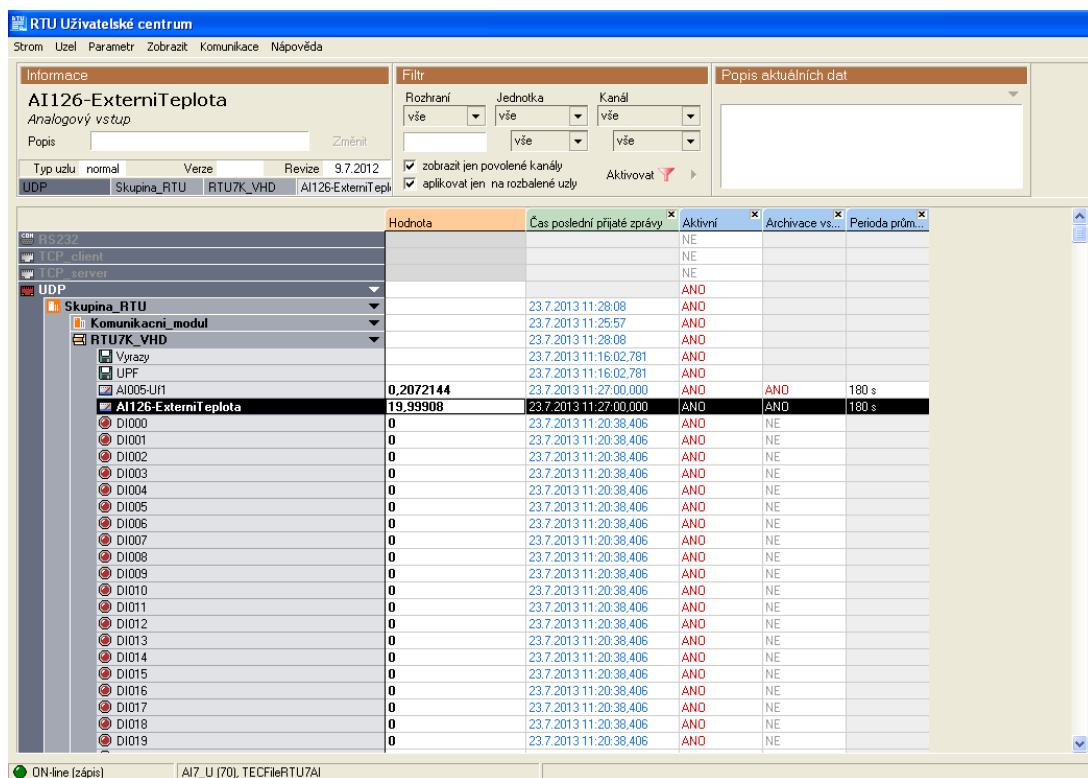


Obr.50: Schéma zapojení soustavy

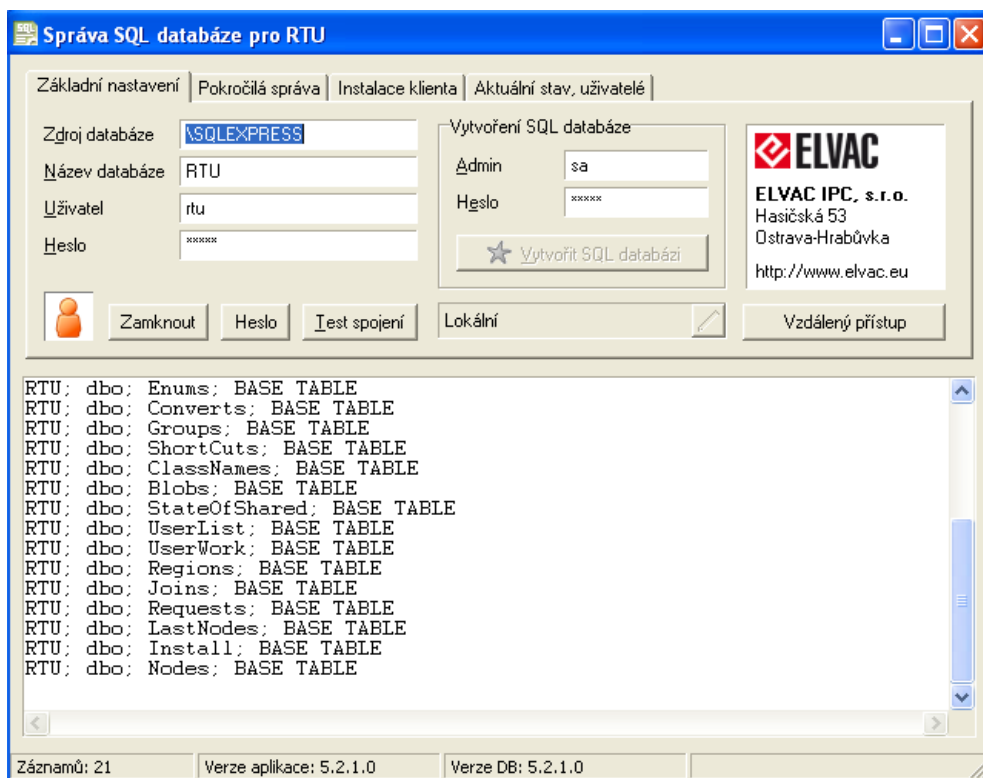
5.2. Nastavení měřicí jednotky RTU

Měřicí jednotku RTU je nutné pro správné měření nastavit a případně nakalibrovat. Pro toto nastavení slouží program *RTU uživatelské centrum*. Zde se nastaví požadované kanály. V mém případě kanál 5 pro napěťový analogový vstup AI005-Uf1, kde je připojena sonda LMP 307 a kanál 126 pro analogový vstup AI126-externí teplota. U těchto dvou kanálů je dále nastavena archivace vstupu. Ostatní kanály jsou pro archivaci zablokovány. Zablokování je provedeno z důvodů úspory místa v paměti RTU. Pokud by byly kanály povoleny pro archivaci, RTU by o každém kanálu posílalo a ukládalo zprávu, což je zbytečné. Dále je možné nastavit periodu průměrování, minimální a maximální hodnotu, horní a dolní meze, kalibraci vstupů a mnoho dalších hodnot.

Aplikace využívá SQL databázi. Její nastavení lze vidět na Obr. 52.



Obr.51: Nastavení vstupu pro externí teplotu

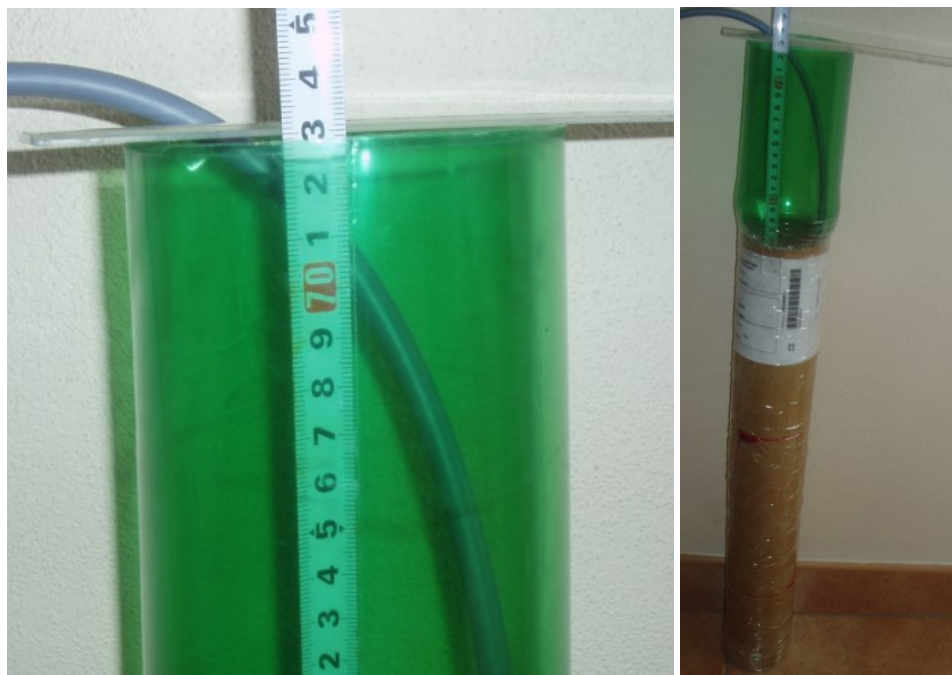


Obr.52: Program pro správu SQL databáze

5.3. Testovací měření

Po nastavení všech výše uvedených potřebných hodnot, bylo možno zahájit testovací měření. Test měřicí soustavy byl proveden v provizorních podmínkách.

Na obrázcích níže lze vidět kalibraci soustavy pomocí svinovacího metru a kalibračního nástroje v programu *RTU uživatelské centrum*.



Obr.53: Orientační měření pro kalibraci RTU (vlevo), celá nádoba pro vodu (vpravo)

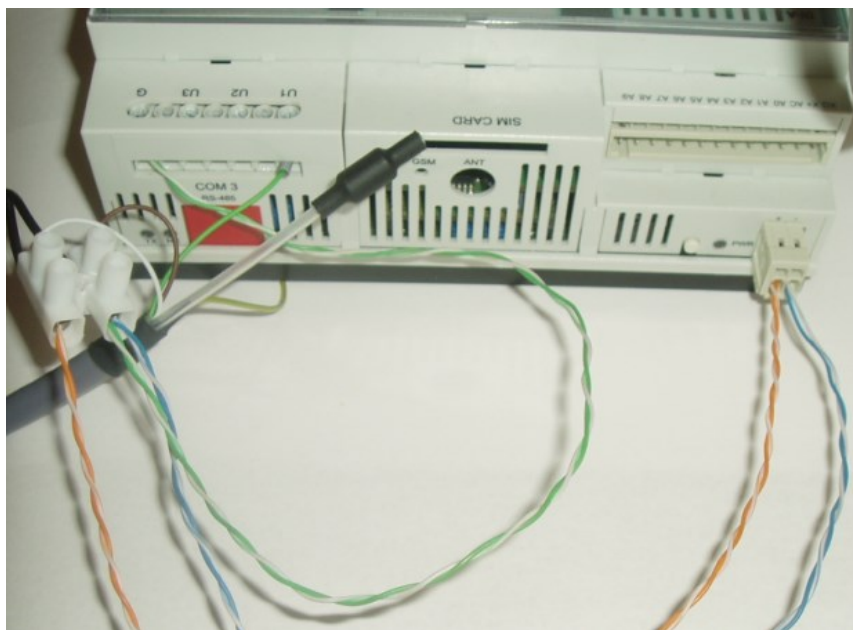
Vstup	efektivní Aktuální	1. hodnota		2. hodnota		Signál	Přikazy
		Změřená	Skutečná	Změřená	Skutečná		
<input type="checkbox"/> AI000-I1 [mA]	0.01200	► 0	0	► 0	0	AC DC N	Výchozí Autonula Korigovat
<input type="checkbox"/> AI000-I1 [mA]	0.11000	► 0	0	► 0	0	AC DC V	Výchozí Autonula Korigovat
<input type="checkbox"/> AI001-I2 [mA]	0.01200	► 0	0	► 0	0	AC DC N	Výchozí Autonula Korigovat
<input type="checkbox"/> AI001-I2 [mA]	0.11000	► 0	0	► 0	0	AC DC V	Výchozí Autonula Korigovat
<input type="checkbox"/> AI002-I3 [mA]	0	► 0	0	► 0	0	AC DC N	Výchozí Autonula Korigovat
<input type="checkbox"/> AI002-I3 [mA]	0.11000	► 0	0	► 0	0	AC DC V	Výchozí Autonula Korigovat
<input checked="" type="checkbox"/> AI005-UI1 [m]	0.20720	► 0.20720	0.2280	► 0.20720	0.2280	AC DC	Výchozí Autonula Korigovat
<input type="checkbox"/> AI006-UI2 [V]	0	► 0	0	► 0	0	AC DC	Výchozí Autonula Korigovat
<input type="checkbox"/> AI007-UI3 [V]	0	► 0	0	► 0	0	AC DC	Výchozí Autonula Korigovat
<input type="checkbox"/> AI124-NapetiBaterie [V]	0	► 0	0	► 0	0		Výchozí Autonula Korigovat
<input type="checkbox"/> AI125-NapetiZdroje [V]	20.0140	► 0	0	► 0	0		Výchozí Autonula Korigovat
<input checked="" type="checkbox"/> Vybrané		► 0	0	► 0	0	AC DC	Výchozí Autonula Korigovat

Kalibrace: snímače Uživatel: Časové ID: 23.7.13 11:18:23 Načtená identifikace

Otevřít... Uložit... OK Storno

Obr.54: Kalibrace pomocí RTU

Na dalších dvou snímcích je možné vidět skutečné fyzické propojení sondy LMP-307 s jednotkou RTU a jejich napájení. A připojení čidla teploty DS18S20 a připojení UTP kabelu pro k PC.



Obr.55: Zapojení napájení a sondy LMP-307



Obr.56: Zapojení sondy externí teploty a PC s požadovaným SW

Na posledním obrázku lze vidět celou zapojenou soustavu v chodu. Je zde vidět, že se skutečně jedná o velice provizorní podmínky.



Obr.57: Fotka celé zapojené soustavy

6. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

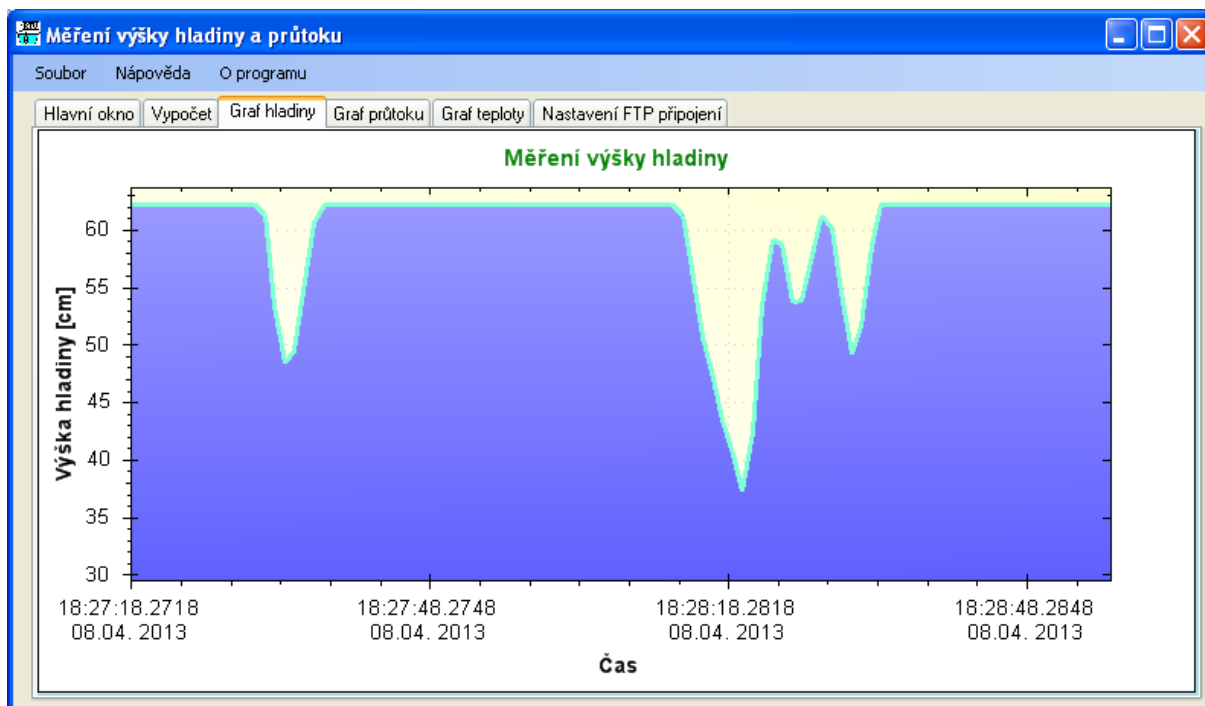
Pro ověření a kontrolu celé měřicí soustavy bylo provedeno kontrolní měření. Výsledky z měření a následných výpočtů lze vidět na Obr. 58.

Čas	Výška hladiny [cm]	Průtok [m^3/s]
8.4.2013 18:28:09	62,19482	11,01403
8.4.2013 18:28:10	62,19482	11,01403
8.4.2013 18:28:11	62,19482	11,01403
8.4.2013 18:28:12	62,19482	11,01403
8.4.2013 18:28:13	61,2793	10,64903
8.4.2013 18:28:14	56,48804	8,886127
8.4.2013 18:28:15	50,6897	7,14181
8.4.2013 18:28:16	47,02759	6,302267
8.4.2013 18:28:17	43,396	5,514834
8.4.2013 18:28:18	40,49683	4,913484
8.4.2013 18:28:19	37,323	4,284223
8.4.2013 18:28:20	42,41943	5,309512
8.4.2013 18:28:21	53,4668	7,915492
8.4.2013 18:28:22	59,08203	9,808919
8.4.2013 18:28:23	58,6853	9,662811
8.4.2013 18:28:24	53,61938	7,961566
8.4.2013 18:28:25	53,80249	8,017293
8.4.2013 18:28:26	57,76978	9,332394
8.4.2013 18:28:27	61,2793	10,64903
8.4.2013 18:28:28	60,08911	10,18756
8.4.2013 18:28:29	54,44336	8,216019
8.4.2013 18:28:30	49,16382	6,782532
8.4.2013 18:28:31	51,57471	7,373772
8.4.2013 18:28:32	58,59375	9,629344
8.4.2013 18:28:33	62,13379	10,98943

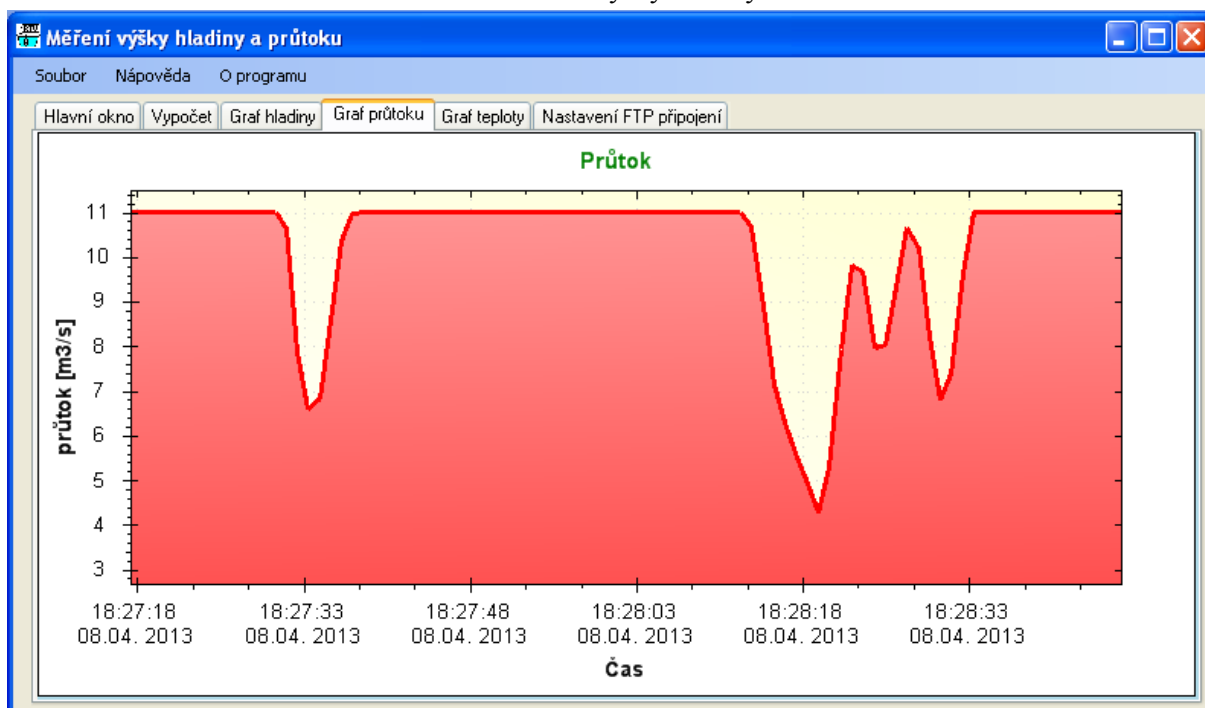
Obr.58: Tabulka naměřených hodnot v navrženém SW

Na Obr. 59, 60, 61 jsou výsledné grafy pořízené z měření výšky hladiny, výpočtu průtoku a měření teploty. Rychlé změny hodnot u výšky hladiny jsou způsobeny vytahováním a znovu ponořováním sondy LMP-307. Chtěl jsem docílit viditelných změn v krátkém časovém horizontu. Hodnoty průtoku se mění naprosto totožně s hodnotou výšky hladiny. To je způsobeno tím, že výpočet vychází s výšky. Za zmínku stojí, že při rostoucí hladině roste průtok mnohonásobně rychleji než výška.

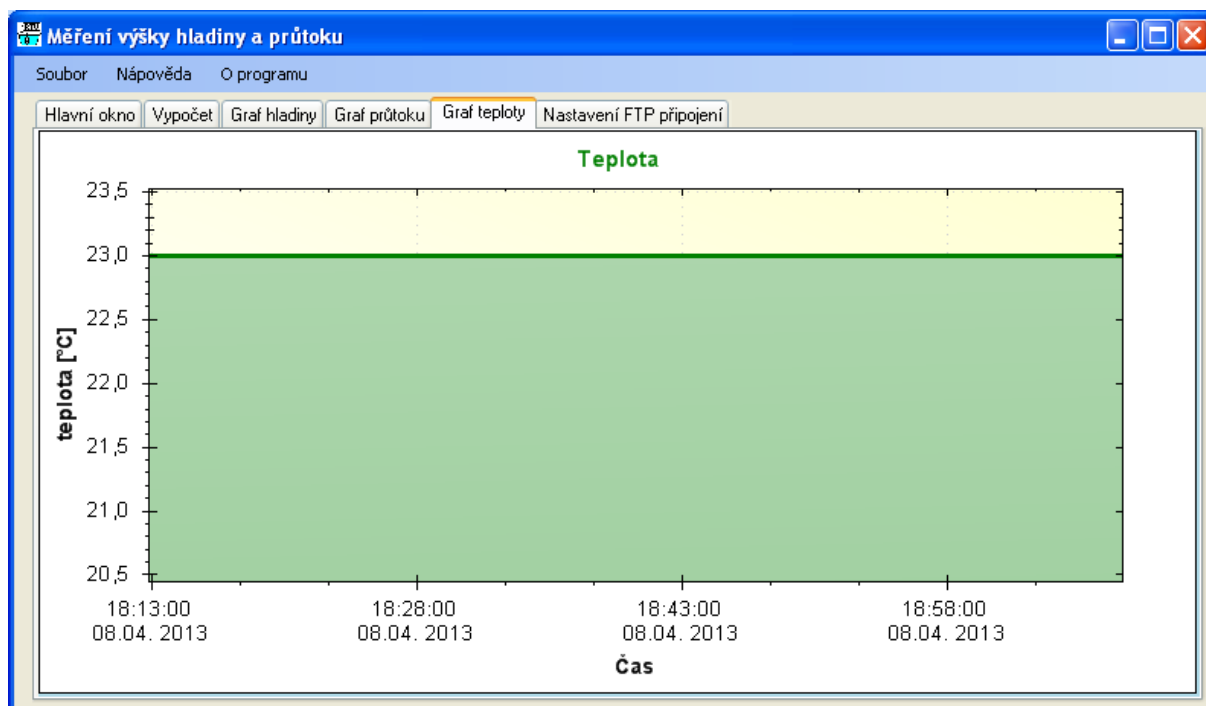
Hodnota teploty vody se podle očekávání v tak krátkém čase nestihla prakticky vůbec změnit.



Obr.59: Graf výšky hladiny



Obr.60: Graf průtoku



Obr.61: Graf teploty

Na posledním obrázku je tabulka uložených hodnot. Hodnoty jsou ukládány do formátu XML a to hlavně z důvodu různého spektra hodnot, jako je například text dohromady s naměřenými hodnotami. Další důvod je snadné pozdější zpracování a použití hodnot v jiných aplikacích. Hodnoty lze vyčíst větším množstvím programů například Excel a podobně.

id	name	river	gpslat	gpslng	time	water_level	water_flow	temperature
42	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:08	62,19501495	11,01411152	22,99835205
43	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:09	62,19501495	11,01411152	22,99835205
44	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:10	62,19501495	11,01411152	22,99835205
45	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:11	62,19501495	11,01411152	22,99835205
46	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:12	62,19501495	11,01411152	22,99835205
47	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:13	61,27948761	10,64910316	22,99835205
48	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:14	56,48822784	8,886190414	22,99835205
49	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:15	50,689888	7,141857147	22,99835205
50	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:16	47,02768326	6,302288532	22,99835205
51	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:17	43,39609146	5,514853954	22,99835205
52	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:18	40,49692154	4,91350317	22,99835205
53	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:19	37,32309341	4,284241676	22,99835205
54	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:20	42,41952896	5,309531689	22,99835205
55	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:21	53,46698761	7,915548801	22,99835205
56	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:22	59,08222198	9,808989525	22,99835205
57	1 Slezská Ostrava	Ostravice	49°50'49.156	18°17'37.674	8.4.2013 18:28:23	58,68549347	9,662881851	22,99835205

Obr.62: Uložená data v XML formátu a otevřená v Excelu

7. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo seznámit se s problematikou měření výšky hladiny a průtoku a díky tomu sestavit funkční sestavu pro měření těchto veličin v říčním korytu. Zároveň bylo podmínkou vytvořit software, který vzdálenou správou bude naměřené hodnoty vyčítat, zpracovávat a informovat o případných výjimečných stavech na jednotlivých měřených úsecích.

Prvním krokem bylo navrhnout vhodný princip měření tak, aby splňoval požadavky zadavatele. Jeden z hlavních požadavků směřoval na nízkou pořizovací cenu všech měřicích prvků. Pro měření výšky hladiny byla proto vybrána metoda měření hydrostatického tlaku. Jako měřicí zařízení byla zvolena sonda LMP-307 (cena okolo 6200,-). Pro měření průtoku byla zvolena metoda početní a to hlavně v důsledku vysoké pořizovací ceny (řádově desítky tisíc) a náročné implementace na daném měřicím úseku. Hodnota průtoku se tedy získává přepočtem výšky hladiny a příčného profilu koryta. Jako doplňková veličina se měřila teplota vody a to sondou DS18S20 (cena do 100,-).

V dalším kroku šlo o seznámení se s jednotkou RTU-VHD, která je srdcem celé soustavy a je výrobkem firmy ELVAC (cena RTU bez GSM modemu je 26 510,-, s modemem 29 800,-). Protože jednotka je tvořena řadou komponent, bylo dalším úkolem sestavit vhodnou sestavu. Vybraná sestava tedy obsahuje kartu s analogovými vstupy (měření výšky hladiny a měření teploty), digitální vstupy a kartu zajišťující komunikaci s PC, popřípadě vzdálenou správu. Pro komunikaci s jednotkou RTU mi byl dodán software, abych mohl jednotku správně nastavit před započnutým měřením.

Jedním z hlavních bodů práce bylo vytvořit software, který bude naměřené hodnoty vyčítat, zpracovávat, vytvářet grafy a ukládat. Mnou vytvořená aplikace na PC komunikuje s jednotkou RTU v architektuře klient-server a pracuje na FTP protokolu. Jako server zde vystupuje RTU a funkci klienta plní běžící aplikace na PC. Ta je vytvořená v programovacím prostředí Microsoft Visual Studio v C# Windows Form Application. Připojení z programu se provádí pomocí takzvané URI adresy. Aplikace je vytvořená tak, že vyčte veškerá data, která jsou uložena v RTU, a pomocí filtrace se posléze pracuje pouze s požadovanými daty.

Posledním bodem práce bylo zapojení celé soustavy se všemi komponentami a uvedení do provozu. Testování soustavy probíhalo v simulovaných podmínkách. Naměřené hodnoty jsou přesné, ale přepočet průtoku neodpovídá skutečnosti, jelikož se jednalo o statickou nádobu. Pro test soustavy jako celku to však bylo dostačující.

Práce přichází s novým okruhem využitím jednotky RTU. Dosud nebyla jednotka použita k měření výšky hladiny v povodí Odry. Program na výpočet průtoku je sestavený tak, že obsáhne v podstatě všechny typy profilů koryt.

Pro aplikování soustavy do skutečného provozu, bych doporučil řádný test v reálných podmínkách. Je možné do budoucna ještě upravit report dat na internetové stránky a vymyslet systém napájení v místech, kde nelze napájet soustavu s veřejné sítě.

8. CITOVANÁ LITERATURA

1. **Bejček, Ludvík, Ďaďo, Stanislav a Platil, Antonín.** *Měření průtoků a výšky hladiny*. Praha : BEN Technická literatura 1.vydání, 2005. 80-7300-156-X / 9788073001568.
2. **Jandora, Jan.** *Hydraulika a hydrologie VUT Brno*. [Dokument pdf] Brno, Jihomoravský, ČR : VUT Brno, 2005.
3. **Patrik, Mgr.** Hydrologie a hydrogeologie. *vyuka.spsslipnik.cz*. [Online] [Citace: 12. 1 2013.] <http://vyuka.spsslipnik.cz/Tesik/V2/HYH/R%C5%AFzn%C3%A9%20studijn%C3%AD%20materi%C3%A1ly/Hydrologie%20a%20meteorologie/5.hydrometrie.ppt..>
4. **Imp307. BHV senzory**. [Online] [Citace: 3. 1. 2013.] <http://www.bhvsenzory.cz/data/products/file/Imp307.pdf>.
5. **Semiconductor, Dallas.** *www.dalsemi.com*. [Online] [Citace: 10. 7 2013.] <http://www.gme.cz/dokumentace/530/530-070/dsh.530-070.1.pdf>.
6. **a.s., ELVAC.** *Příručka uživatele RTU7.4, RTU7K a RTU7KL*. [dokument pdf] Ostrava : a.s., ELVAC, 2012.
7. *www.devbook.cz*. [Online] <http://www.devbook.cz/c-sharp-programy-hry-zdrojaky>.
8. *www.msdn.microsoft.com*. *MSDN*. [Online] <http://msdn.microsoft.com/cs-cz/library/system.windows.forms.aspx>.
9. **Josef, Prikl.** *Řešené příklady v C# aneb C#skutečně prakticky*. České Budějovice : Koop, 2005. ISBN 80-7232-265-6.
10. **a.s., ELVAC.** *RTU a speciální elektronika, Produktový katalog*. [pdf dokument] Ostrava : ELVAC a.s., 2011.
11. **Vystavěl, R.** *Moderní programování - učebnice pro pokročilé*. Praha : Moderní programování, 2013. ISBN 978-80-903951-7-6.

9. PŘÍLOHY

I. Seznam příloh:

- A. Ukázka struktury XML souboru s naměřenými daty

II. Seznam elektronických příloh

- A. Uživatelská příručka k RTU
- B. Uživatelská příručka k ovládání programu
- C. Zdrojový kód programu klienta pro počítač
- D. Naměřená data z kontrolních měření

A. Ukázka struktury XML souboru s naměřenými daty

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<odra_river>
  <info>Povodí Odry</info>
  <stations>
    <station id="1" name="Slezská Ostrava" river="Ostravice"
gpslat="49°50'49.156" gpslng="18°17'37.674">
      <values>
        <value time="8.4.2013 19:10:09" water_level="0.02227783203125"
water_flow="0.0059066377580165863" />
        <value time="8.4.2013 19:10:10" water_level="0.108642578125"
water_flow="0.47277194261550903" />
        <value time="8.4.2013 19:10:11" water_level="0.196533203125"
water_flow="1.4132062196731567" />
        <value time="8.4.2013 19:10:12" water_level="0.2978515625"
water_flow="2.9201889038085938" />
        <value time="8.4.2013 19:10:13" water_level="0.39459228515625"
water_flow="4.7043585777282715" />
        <value time="8.4.2013 19:10:14" water_level="0.44647216796875"
water_flow="5.7819256782531738" />
        <value time="8.4.2013 19:10:15" water_level="0.48309326171875"
water_flow="6.5889410972595215" />
        <value time="8.4.2013 19:10:16" water_level="0.53497314453125"
water_flow="7.924680233001709" />
        <value time="8.4.2013 19:10:17" water_level="0.5975341796875"
water_flow="10.0601224899292" />
        <value time="8.4.2013 19:10:18" water_level="0.57830810546875"
water_flow="9.3541240692138672" />
        <value time="8.4.2013 19:10:19" water_level="0.499267578125"
water_flow="6.9570345878601074" />
        <value time="8.4.2013 19:10:20" water_level="0.48370361328125"
water_flow="6.6027045249938965" />
        <value time="8.4.2013 19:10:21" water_level="0.48370361328125"
water_flow="6.6027045249938965" />
        <value time="8.4.2013 19:10:22" water_level="0.49560546875"
water_flow="6.873079776763916" />
        <value time="8.4.2013 19:10:23" water_level="0.4876708984375"
water_flow="6.69240665435791" />
        <value time="8.4.2013 19:10:24" water_level="0.4852294921875"
water_flow="6.6371550559997559" />
        <value time="8.4.2013 19:10:25" water_level="0.518798828125"
water_flow="7.4571967124938965" />
        <value time="8.4.2013 19:10:26" water_level="0.546875"
water_flow="8.2931928634643555" />
        <value time="8.4.2013 19:10:27" water_level="0.57861328125"
water_flow="9.3650054931640625" />
        <value time="8.4.2013 19:10:28" water_level="0.6048583984375"
water_flow="10.339718818664551" />
      </values>
    </station>
  </stations>
</odra_river>
```